



федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Кемеровский государственный медицинский  
университет»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации  
Институт фундаментальной медицины

---

# АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ МЕДИЦИНСКОЙ, БИОЛОГИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ И ИНФОРМАТИКИ

Материалы международной научно-практической  
конференции

(Кемерово, 12 ноября 2021 г.)



Кемерово 2021

УДК [61:577:002] (082)

ББК 5:28.071:32.81я43

А 437

**Актуальные вопросы медицинской, биологической физики и информатики** : материалы Международной научно-практической конференции (Кемерово, 12 ноября 2021 г.) / отв. ред. Е. В. Просвиркина, Г. Н. Дадаева. – Кемерово: КемГМУ, 2021. – 235 с.

В сборнике представлены материалы Международной научно-практической конференции, состоявшейся 12 ноября 2021 года в Кемеровском государственном медицинском университете. Участники конференции ученые, преподаватели, аспиранты и студенты вузов России и стран зарубежья, статьи которых посвящены общим и частным проблемы медицинской биофизики и информатики и связанных с ними отраслей и направлений.

***Редакционная коллегия выпуска:***

д.м.н., профессор Т. В. Попонникова (председатель);

д.м.н., доцент Т. В. Пьянзова (заместитель председателя);

д.м.н., доцент Д. Ю. Кувшинов (заместитель председателя);

к.х.н., доцент Е. В. Просвиркина;

д.ф.-м.н., профессор Ю.М. Басалаев;

к.ф.-м.н., доцент О.В. Головки;

к.фил.н. О.Г. Басалаева;

к.т.н., доцент О.М. Колесников;

к.т.н., доцент Е. И. Харлампенков;

ст. преподаватель Е. В. Салтанова;

ст. преподаватель Г. Н. Дадаева.

Материалы публикуются в авторской редакции.

ISBN 978-5-8151-0173-9

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>РАЗДЕЛ 1.....</b>	<b>8</b>
<b>ВКЛАД УЧЕНЫХ ФИЗИКОВ В РАЗВИТИЕ МЕДИЦИНЫ .....</b>	<b>8</b>
АСТАФЬЕВА М.В. ....	9
<b>АЛЛАН МАКЛЕОД КОРМАК – ОСНОВОПОЛОЖНИК МЕТОДА КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ.....</b>	<b>9</b>
КАСЬЯНОВА У.А.....	12
<b>РОЛЬ ЗАРУБЕЖНЫХ ФИЗИКОВ В РАЗВИТИИ СОВРЕМЕННОЙ МЕДИЦИНЫ .....</b>	<b>12</b>
ХЕРТЕК А. А. ....	16
<b>РЕНТГЕНОВСКИЕ ЛУЧИ В МЕДИЦИНЕ.....</b>	<b>16</b>
<b>РАЗДЕЛ 2.....</b>	<b>21</b>
<b>ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕРАПИИ, ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В РЕГЕНЕРАТИВНОЙ МЕДИЦИНЕ.....</b>	<b>21</b>
АЛИЕВА В.О. ....	22
<b>ЛЕЧЕНИЕ ВАКУУМОМ (ХИДЖАМА КАК РАЗНОВИДНОСТЬ .....</b>	<b>22</b>
<b>ФИЗИОТЕРАПИИ).....</b>	<b>22</b>
БАДРЕТДИНОВА В.Т., СЕРЫХ Т.А. ....	26
<b>РАЗРАБОТКА ГИДРОКСИАПАТИТА С КОНТРОЛИРУЕМЫМ ВЫСВОБОЖДЕНИЕМ ТЕТРАЦИКЛИНА .....</b>	<b>26</b>
ВЕРТЕБНАЯ Л.В, ФЕДОСЕЕВ М.Н. ....	29
<b>ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЯ: ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И .....</b>	<b>29</b>
<b>ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ МЕТОДА .....</b>	<b>29</b>
ГУБИНА Д.И. ....	33
<b>ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЯДЕРНОЙ МЕДИЦИНЫ.....</b>	<b>33</b>
ДМИТРОВА Е.Д. ....	38
<b>ФИЗИОТЕРАПЕВТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В СТОМАТОЛОГИИ.....</b>	<b>38</b>
ДОВГУН А.В., САЛТАНОВА Е.В. ....	42
<b>ЗНАЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ЯВЛЕНИЙ В МЕДИЦИНЕ.....</b>	<b>42</b>
ИВАНОВА А.С.....	46
<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КИСЛОРОДНО - ГЕЛИЕВЫХ СМЕСЕЙ ПРИ ЛЕЧЕНИИ НОВОЙ КОРОНОВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ COVID-19.....</b>	<b>46</b>
КУВШИНОВ Д.Ю., ИВАНОВ В.И., ЛИТВИНОВА Н.А., СОЛОБУЕВ А.И.....	49
<b>ПРОНИЦАЕМОСТЬ БИОЛОГИЧЕСКИХ МЕМБРАН .....</b>	<b>49</b>
<b>И ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ ИЗМЕНЕНИЙ .....</b>	<b>49</b>
КУНЦ К.М., ПРОСВИРКИНА Е.В.....	53

<b>СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗВУКОВЫХ И УЛЬТРАЗВУКОВЫХ МЕТОДОВ В МЕДИЦИНЕ</b> .....	53
КУХАРЕНКО Л.В., ГОЛЬЦЕВА М.В., ГУЗЕЛЕВИЧ И.А. ....	56
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ МОРФОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТИ ЛИМФОЦИТОВ ИНДУЦИРОВАННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА С ПОМОЩЬЮ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ</b> .....	56
КЫЗЫЛ-ООЛ Д.А., САЛТАНОВА Е.В. ....	60
<b>ЗНАЧЕНИЕ МАТЕМАТИКИ В МЕДИЦИНЕ</b> .....	60
ЛЕПЕШКИНА Д. А, ЧУПРАСОВА Е. Д.....	64
<b>ТЕРМОГРАФИЯ В МЕДИЦИНЕ</b> .....	64
ЛУКЬЯНИЦА В.В. ....	68
<b>ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ВОДОЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ И ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ</b> .....	68
НАЧЕВА Л.В., НЕСТЕРОК Ю.А., СТЕПАНОВА М.Г. <sup>1</sup> .....	72
<b>ИЗУЧЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ФРИ-ТЕРАПИИ НА ГЕПАТОЦИТЫ СИРИЙСКИХ ХОМЯКОВ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ОПИСТОРХОЗЕ</b> .....	72
РОМАНОВА А. А. ....	76
<b>ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРОВ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ОНКОЛОГИИ КОЖИ</b> .....	76
СЕРЫХ Т.А., БАДРЕТДИНОВА В.Т. ....	79
<b>ВЫСВОБОЖДЕНИЕ L-АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ ИЗ СИНТЕТИЧЕСКОГО ГИДРОКСИАПАТИТА</b> .....	79
ТРУШЕЛЬ Н.А., МАНСУРОВ В.А., ЛЕЩЕНКО В.Г. ....	83
<b>ОСОБЕННОСТИ КРОВОТОКА В НЕКОТОРЫХ СОСУДАХ АРТЕРИЙ ВЕРХНЕЙ КОНЕЧНОСТИ</b> .....	83
ЧУЙКОВА С.Р.....	87
<b>УЛЬТРАЗВУК И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В СТОМАТОЛОГИИ</b> .....	87
ШМАКОВ Е.И., ВЕРШИНИН М.И. <b>ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ НЕРВОВ</b> 91	
<b>РАЗДЕЛ 3</b> .....	96
<b>БИОФИЗИКА СЛОЖНЫХ СИСТЕМ</b> .....	96
ГРЫНЦЕВИЧ Р.Г. ....	97
<b>МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КРОВОТОКА В</b> .....	97
<b>ОБЛАСТИ БИФУРКАЦИИ ПЛЕЧЕВОЙ АРТЕРИИ У ВЗРОСЛОГО ЧЕЛОВЕКА</b> .....	97
СЕЛИВАНОВ Ф. О. ....	101
<b>БИОФИЗИКА ГОЛОВНОГО МОЗГА И МЫШЕЧНОГО СОКРАЩЕНИЯ ПРИ ИДЕМОТОРНЫХ ТРЕНИРОВКАХ</b> .....	101
ШКЛЯРОВА А.Н. <sup>1,2</sup> , СТАРОДУБЦЕВА М.Н. <sup>1,3</sup> , КОВАЛЕНКО Д.Л. <sup>2</sup> .....	105

<b>ОЦЕНКА МОДУЛЯ УПРУГОСТИ КЛЕТОК РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ЛИНИИ BT-20 С ПОМОЩЬЮ РЕЖИМА REAKFORCE QNM АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ</b> .....	105
<b>РАЗДЕЛ 4.</b> .....	110
<b>МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ. НАНОМАТЕРИАЛЫ И КОМПОЗИТЫ.</b> .....	110
БАСАЛАЕВ А.Ю. ....	111
<b>ИЗУЧЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ СВОЙСТВ MG-СОДЕРЖАЩИХ КРИСТАЛЛОВ СО СТРУКТУРОЙ ХАЛЬКОПИРИТА</b> .....	111
БАСАЛАЕВ А.Ю. <sup>1</sup> , БЕРЗИН Ю.В. <sup>2</sup> , ОВЧИННИКОВ Д.В. <sup>2</sup> .....	115
<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ГИПОТЕТИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛОВ MG-IV-V<sub>2</sub></b> .....	115
БАСАЛАЕВ Ю.М. ....	119
<b>ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ АЛМАЗОПОДОБНЫХ ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ</b> .....	119
БЕРЗИН Ю.В. ....	123
<b>МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ MgBX<sub>2</sub></b> .....	123
ДУГИНОВА Е.Б. ....	131
<b>ЭЛЕКТРОННАЯ СТРУКТУРА ГИПОТЕТИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛОВ LiTlO<sub>2</sub> И LiTlS<sub>2</sub> СО СТРУКТУРОЙ ХАЛЬКОПИРИТА</b> .....	131
КУЗНЕЦОВА Е.В., ПРОСВИРКИНА Е.В. ....	135
<b>ПРИМЕНЕНИЕ НАНОМАТЕРИАЛОВ В КОСМЕТИКЕ. ФИЗИЧЕСКИЙ АСПЕКТ</b> ...	135
МАРИНОВА С.А. ....	140
<b>УПРУГИЕ ПОСТОЯННЫЕ <math>\beta</math>-SiO<sub>2</sub></b> .....	140
ОВЧИННИКОВ Д.В. ....	144
<b>ЭЛЕКТРОННЫЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА</b> .....	144
<b>КРИСТАЛЛОВ MgBX<sub>2</sub></b> .....	144
СТАРОДУБЦЕВА М. В. ....	148
<b>ЭЛЕКТРОННАЯ СТРУКТУРА КРИСТАЛЛОВ Li<sub>2</sub>MgZnX<sub>2</sub></b> .....	148
<b>РАЗДЕЛ 5.</b> .....	153
<b>ПЕРСПЕКТИВЫ ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ МЕДИЦИНЫ И ЗДРАВООХРАНЕНИЯ.</b> 153	
БАСАЛАЕВА О.Г. ....	154
<b>ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ЕДИНОГО ЦИФРОВОГО КОНТУРА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ.</b> .....	154
ЕГОРОВА Т. И., ДОЧКИНА И. С. ....	157
<b>РОБОТИЗИРОВАННАЯ ХИРУРГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА DA VINCI</b> .....	157
ЕГОШИН Д.Е. ТЕРМИНАЛ ДЛЯ ВАКЦИНАЦИИ .....	162
КОЖЕНКОВА А.С., МИТИНА М.К. ....	165

<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИГРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ФИЗИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ЛЮДЕЙ ПОСЛЕ ИНСУЛЬТА</b> .....	165
КОЙНОВ Д. В., МИХАЙЛОВА И. А. ....	169
<b>СОВРЕМЕННЫЕ МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ: ТЕРАПИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ</b> .....	169
РОМАНОВА М.М., ЧЕРНОВ А.В. ....	173
<b>ОЦЕНКА И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПСИХОМЕТРИЧЕСКОГО ТЕСТИРОВАНИЯ</b> .....	173
СЕЛИНА Е. И. ....	177
<b>ТЕЛЕМЕДИЦИНА В РОССИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ</b> .....	177
ВИХРОВ И.П., АШИРБАЕВ Ш.П. ....	181
<b>ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА, ВКЛЮЧАЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЕ, В ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ</b> .....	181
ХАРЛАМПЕНКОВ Е.И. ....	187
<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ КАЛЬКУЛЯТОРОВ ПРИ ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ПАЦИЕНТА НА ОСНОВЕ ШКАЛЫ NEWS-2</b> .....	187
ХАРЛАМПЕНКОВ И.Е. ....	191
<b>ОПЫТ РАЗРАБОТКИ СЕРВИСА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫМИ КАРТАМИ</b> .....	191
<b>РАЗДЕЛ 6.</b> ....	195
<b>ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДОЛОГИИ ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ И ИНФОРМАТИКИ</b> .	195
АЛЬТШУЛЕР О.Г., КОЛЕСНИКОВ О.М. ....	196
<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОНЛАЙН-СЕРВИСА «GOOGLE FORMS» В УСЛОВИЯХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ</b> .....	196
БАСАЛАЕВ Ю. М., БАСАЛАЕВА О. Г. ....	200
<b>ФОРМИРОВАНИЕ ЦИФРОВОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ В ПРОЦЕССЕ ИНТЕГРАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ДИСЦИПЛИНЫ ПО ФИЗИКЕ</b> .....	200
ГОЛОВКО О.В., САЛТАНОВА Е.В. ....	203
<b>СОЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО КУРСА ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ПО ФИЗИКЕ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ МЕДИЦИНСКОГО ВУЗА</b> .....	203
ДУГИНОВ Е.В. ....	207
<b>ПЕРВАЯ ЛЕКЦИЯ – КАК ЭЛЕМЕНТ БУДУЩЕЙ ВОВЛЕЧЕННОСТИ СТУДЕНТА В ОБУЧЕНИЕ</b> .....	207
ДУГИНОВА Е.Б. ....	211
<b>ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ПО ФИЗИКЕ В ПЕРВОМ СЕМЕСТРЕ ДЛЯ НЕПРОФИЛЬНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ В АГРАРНОМ ВУЗЕ</b> .....	211
КОЛЕСНИКОВ О.М., ГОЛОВКО О.В. ....	215

<b>ПРОБЛЕМЫ ПРЕПОДАВАНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАТИКИ</b> .....	215
САЛТАНОВА Е.В., ГОЛОВКО О.В. ....	219
<b>ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ В МЕДИЦИНСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ</b> .....	219
СЕРЫЙ А.И. ....	224
<b>О ПРИМЕНЕНИИ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА</b> .....	224
<b>В ПРОЦЕССЕ ПРЕПОДАВАНИЯ БИОФИЗИКИ</b> .....	224
СЕРЫЙ А.И. ....	228
<b>К ВОПРОСУ О МЕТОДИКЕ ПРЕПОДАВАНИЯ ТЕМЫ «ЭНЕРГИЯ</b> <b>ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ. ВЕКТОР ПОЙНТИНГА»</b> .....	228
<b>В КУРСЕ ФИЗИКИ</b> .....	228
СТУКАЛОВА А.С. ....	232
<b>ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПРИ</b> <b>ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ ИНФОРМАТИКИ</b> .....	232

**РАЗДЕЛ 1.**

**ВКЛАД УЧЕНЫХ ФИЗИКОВ В РАЗВИТИЕ МЕДИЦИНЫ**

АСТАФЬЕВА М.В.

**АЛЛАН МАКЛЕОД КОРМАК – ОСНОВОПОЛОЖНИК МЕТОДА  
КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ**

*Институт биологии, экологии и природных ресурсов  
Кемеровского государственного университета, г. Кемерово  
Научный руководитель – к.б.н., доцент Савченко Я.А.*

ASTAFYEVA M.V.

**ALLAN MCLEOD CORMACK - THE FOUNDER OF THE  
COMPUED TOMOGRAPHY METHOD**

*Institute of Biology, Ecology and Natural Resources  
Kemerovo State University, Kemerovo  
Supervisor - PhD, associate professor Savchenko Ya.A.*

*Аннотация: В статье представлена информация об открытии компьютерной томографии, благодаря которой представляется возможным наиболее точно провести диагностику различных заболеваний.*

*Ключевые слова: медицина, компьютерная томография, учёный-физик*

*Abstract: The article presents information about the discovery of computer tomography, thanks to which it is possible to diagnose various diseases most accurately.*

*Keywords: medicine, computed tomography, physicist*

Медицина и физика – две науки, которые окружают людей каждый день. В совокупности эти две области помогают развиваться друг другу. Физика вносит много корректив в развитие методов диагностики и исследования различных болезней, помогает быстрее найти причину возникшей проблемы и её решение. В конце XIX века Вильгельм

Конрад Рентген – первооткрыватель X-лучей положил начало целому ряду работ физиков, чья исследовательская деятельность была направлена на изучение возможностей применения рентгеновских лучей и усовершенствование рентгеновского аппарата. Одним из таких ученых был Алан Маклеод Кормак – изобретатель компьютерного томографа, удостоенный Нобелевской премии [2].

**Цель исследования:** обобщение доступных исторических сведений о роли Аллана Маклауда Кормака в открытии компьютерной томографии.

**Материалы и методы исследования.** Материалом для исследования послужили статьи из научно-информационных источников «КиберЛенинка» (РФ), «eLibrary» (РФ), «National Academy of Sciences» (США).

**Результаты и их обсуждение.** Аллан Маклауд Кормак (23.02.1924 – 07.05. 1998) – американский физик, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине 1979 года «за разработку компьютерной томографии». Ученый внедрил технологию для одного из наиболее широко используемых диагностических инструментов в медицине: компьютерного аксиального томографического сканирования (КТ). Им был сконструирован компьютерный томограф, принципом работы которого служит измерение изменений плотности в человеческих органах. А.М. Кормак разработал алгоритмы, с помощью которых осуществлялось преобразование числовых данных из искусственного черепа в изображения с помощью сканера, состоящего из акрилового стекла и алюминия. Он использовал эти алгоритмы для создания системы реконструкции изображений, построенной на основе ослабления рентгеновских лучей, проникающих в объект с нескольких направлений (аналогично трехмерному рентгеновскому снимку). Аллан Кормак также исследовал возможность применения протонов вместо рентгеновских лучей для компьютерной

томографии, включив в качестве единицы измерения распределение пар гамма-лучей от аннигиляции позитронов [3].

В настоящее время компьютерная томография применяется во многих медицинских учреждениях. Данный метод смог преодолеть недостатки, которые были выявлены в работе с рентгеном. Рентгеновские лучи не могли определять мягкие ткани (печень, почки), они могли показать только кости и воздух. Так же невозможно при помощи обычных X-лучей определить плотность отдельных веществ. Компьютерная томография способна реконструировать изображение внутренних частей тела. Снимки можно рассматривать «срезами». Аппарат очень чувствителен, поэтому он чётко может показывать мягкие ткани, в отличие от рентгена. Особо необходима функция КТ - определение локализации опухоли в различных областях тела [4].

**Выводы.** В наше время компьютерная томография служит неотъемлемой частью современной диагностики различных заболеваний внутренних органов человека, опорно-двигательного аппарата. КТ – оборудование, которое дает возможность применять этот метод исследования в острую фазу заболевания при вынужденном лежачем положении пациента, а также с его помощью можно оценить эффективность проводимого лечения.

#### **Литература / References**

1. Паскалев, Д. Вильгельм Рентген: история открытия рентгеновских лучей / Д. Паскалев, М. Лазарова // Нефрология. 2008. – Том 12, №4. – С.96-100.

2. Росткова, Д.Г. Лучевая диагностика на службе российской медицины / Д.Г. Росткова, С.В. Шаматкова // Смоленский медицинский альманах – 2021. – №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/luchevaya-diagnostika-na-sluzhbe-rossiyskoj-meditsiny> (дата обращения: 05.11.2021).

3. А.М. Cormak / The National Academy of Sciences. – 1998. URL: <http://www.nasonline.org/member-directory/deceased-members/56715.html>

(дата обращения: 05.11.2021).

4. Лукьянёнков, П.И. Исторические аспекты магнитно-резонансной томографии в России / П.И Лукьянёнков // Научное обозрение. Медицинские науки.2016. – №2. – С.59-67.

КАСЬЯНОВА У.А.

**РОЛЬ ЗАРУБЕЖНЫХ ФИЗИКОВ В РАЗВИТИИ СОВРЕМЕННОЙ  
МЕДИЦИНЫ**

*Кафедра морфологии и судебной медицины*

*Кемеровского государственного медицинского университета, г. Кемерово*

Научный руководитель – ассистент Астафьева Е.А.

KASYANOVA U.A.

**THE ROLE OF FOREIGN PHYSICISTS IN THE MODERN MEDICINE  
DEVELOPMENT**

*Department of Morphology and Forensic Medicine*

*Kemerovo State Medical University, Kemerovo*

Supervisor: Assistant Astaf`eva E.A.

*Аннотация:* В статье представлены основные открытия ученых-физиков, послужившие основой для развития современных диагностических и терапевтических мероприятий на современном этапе.

*Ключевые слова:* медицина, учёные-физики, современные методы диагностики.

*Abstract:* The article presents the main discoveries of physicists, which served as the basis for the modern diagnostic development and therapeutic measures at the present stage.

*Key words:* medicine, physicists, modern diagnostic methods.

Физика и медицина – две отрасли естественнонаучного знания, непрерывно взаимодействующие между собой с начала зарождения этих наук. Ещё в древности в лечебных целях использовали многие физические факторы: в Древнем Египте врачевали с помощью различных спектров солнечных лучей; звукотерапию применяли многие шаманы и колдуны, вызывая монотонным повторением звуков непровольные реакции со стороны вегетативной нервной системы «пациентов» [3]. С развитием современного научного общества, накоплением понимания многих физических явлений и их практической значимости для терапии и диагностики современная медицина шагнула далеко вперед.

**Цель исследования:** определить наиболее значимые для развития современной медицины открытия зарубежных ученых-физиков.

**Материалы и методы исследования.** Материалом для исследования послужили статьи из научно-информационных источников «КиберЛенинка», «eLibrary». Для анализа и обработки полученных данных использован метод деконструкции.

**Результаты и их обсуждение.** Леонардо да Винчи (1452-1519) считается первым медицинским физиком. В его работах много исследований посвящено механике передвижения человеческого тела – биомеханике скелетных мышц и суставов, большое значение уделял теме «работы» человеческого глаза, положив, таким образом, начало современным физиологической оптике и оптикогенетике [4].

Большой вклад в развитие медицины внёс В. К. Рентген (1845-1923): 8 ноября 1895 года, при включении трубки Крукса, ученый обратил внимание на появление своеобразного свечения экрана, покрытого платиносинеродистым барием при полной изоляции возможных источников света. Физик сделал вывод о том, что это свечение было вызвано лучами

нового типа. В.К. Рентген назвал их «Х-лучами»: они проникали через мягкие ткани человека, но абсорбировались костями. Как истинный ученый, проведя опыты на себе, он получил первый в истории медицины снимок своей кисти. Открытие получило широкое распространение, на современном этапе на свойствах рентгеновских лучей основаны рентгенография, томография, флюорография, рентгенотерапия [1].

Ещё одно важное для современной медицины открытие – ультразвуковые волны. Обнаружил это явление в 1794 году итальянец Ладзаро Спалланцани (1729-1799), доказав, что летучая мышь с заткнутыми ушами перестает ориентироваться в пространстве. Ученый предположил, что рукокрылые животные испускают некий не слышимый нами звук, улавливают его эхо и на основании этого ориентируются в пространстве [2]. В настоящее время с помощью ультразвука проводят исследования внутренних органов, позволяющие распознать патологические изменения, в хирургии используют ультразвуковые инструменты. Помимо широкого использования в диагностических целях, ультразвук применяется в медицине как лечебное средство для нормализации функции внешнего дыхания, отделов желудочно-кишечного тракта, нивелирования спазмов, усиливают лечебный эффект средств фармакологии [6].

Первые применения лазеров в медицинской практике датируются 1960 и 1962гг, когда американский физик Т. Г. Мейман (1927-2007) получил генерацию излучения в оптическом диапазоне на рубине, в дальнейшем использованную врачом Линн Р. Гольдманом (1951г-настоящее время) для удаления татуировок и исправления дефектов кожи [5]. Открытие лазерных технологий привело к большим возможностям: в офтальмологии – это возможность амбулаторно проводить операции при вторичной катаракте и глаукоме, отслойке сетчатки, в дерматологии – удаление доброкачественных образований кожи, в ортопедии – лечение вальгусной деформации стопы, вросшего ногтя и т.д. Лазерный луч уже вытеснил

многие хирургические инструменты и позволяет выполнять процедуры бескровно и без анестезии.

**Выводы.** Учёные-физики и их открытия играют одну из ключевых ролей в медицинской сфере: создание новых физических методов диагностики, профилактики и лечения, разработка нового высокотехнологичного медицинского оборудования для диагностики, терапии и хирургии – все это их заслуга. Благодаря открытиям различных физических явлений и возможности их практического применения медицинское сообщество вышло на новый уровень оказания помощи населению, расширились возможности диагностики и терапии с выбором наиболее оптимальных методов и способов.

#### **Литература / References**

1. Паскалёв, Д. Вильгельм Рентген: История открытия рентгеновских лучей / Д. Паскалёв, М. Лазарова // Нефрология. 2008. – Том 12, №4. – С.96-100.
2. Щелканов, Е.М. Эхолокация рукокрылых (*Chiroptera blumenbach*, 1779) как элемент их экологической пластичности // Е.М. Щелканов, С.С. Уколов, М.Н. Дунаева и др. // Юг России: экология, развитие. 2020. – №4(57). – С.6-20.
3. Серебрякова, Е.А. История развития музыкальной и вокальной терапии в древних цивилизациях / Е.А. Серебрякова // Вестник Башкирского университета. 2014. – Вып.19, №1. – С. 285-288.
4. Гринько, С.С. Современные технологии оптоэлектронной диагностики в медицине / С.С. Гринько, А.И. Денисенко, А.А. Новикова, А.А. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий.2010. – Вып.5, № 2(47). – С.17-20.
5. Ниязханова, Б. Э. Становление и характерные особенности лазерной медицины / Б. Э. Ниязханова, Р. С. Сафарова // Молодой ученый. 2018. – №.8 (194). – С. 46-48.

6. Улащик, В. С. Низкочастотная ультразвуковая терапия: механизм действия, техника и методики применения: метод. рекомендации / В. С. Улащик, С. В. Ивашенко, С. А. Наумович. – Минск: БГМУ, 2011. –18 с.

ХЕРТЕК А. А.

## **РЕНТГЕНОВСКИЕ ЛУЧИ В МЕДИЦИНЕ**

*Кафедра медицинской, биологической физики и высшей математики  
Кемеровского государственного медицинского университета, г. Кемерово*

Научный руководитель: к.ф.-м.н., доцент Колесников О.М.

HERTEK A. A.

## **X-RAYS IN MEDICINE**

*Department of medical & biological physics  
Kemerovo Medical State University, Kemerovo*

*Supervisor: Ph. D, Associate Professor Kolesnikov O. M.*

*Аннотация:* представлена к обсуждению тема применения рентгеновских лучей в медицине, история их открытия и биография автора.

*Ключевые слова:* рентгеновское излучение, биография автора открытия, рентгенография.

*Abstract:* the topic of the use of X-rays in medicine, the history of their discovery and the biography of the author are presented for discussion.

*Keywords:* x-rays, biography of the discovery's author, radiography.

**Цель исследования:** понять масштаб личности Рентгена В.К. и вклад его открытия в развитие медицины.

**Материалы и методы исследования.** Источником информации явилась биография ученого [1]. Вильгѐльм Кóнрад Рентгѐн родился 27.03.1845 г. под Дюссельдорфом в купеческой семье. Весь его жизненный путь связан с научной деятельностью и преподаванием. В 1861 году юношей

он поступает в Техническую школу, которую заканчивает через два года. В 1865 г. после неудачной попытки поступления в Утрехтский университет сдает экзамены в политехнический институт Цюриха. В 1869 г. выпускается из стен учебного заведения. Получив докторскую степень, становится ассистентом на кафедре физики. В 1894 г. избран ректором Вюрцбургского университета. В 1901 году Вильгельм Рентген был удостоен первой Нобелевской премии в области физики, которую передал университету. Прожил Рентген до 78 лет и до последних дней своей жизни занимался научными исследованиями.

**Результаты и их обсуждение.** Несколько строк об истории открытия рентгеновских лучей. Всё произошло 8 ноября 1895 года. Однажды поздно вечером Рентген один кончал работу в лаборатории. Он закрыл трубку картонным футляром, потушил свет и хотел выключить электрический ток, шедший еще через трубку, как вдруг увидел в стороне от нее на столе светящийся предмет. Оказалось, что это светится кусок картона, покрытый особым составом. Это вещество светилось, под действием видимого света. Но в комнате было темно, а экран светился. Рентген выключил ток в трубке. Экран перестал светиться. Оказалось, что один из электродов трубки становился источником невидимых лучей, которые обладали многими замечательными свойствами (рис.1); и самым удивительным была их способность проходить через тела, непрозрачные для видимого света.

Неизвестные лучи, как выяснилось, оказывали воздействие на фотографическую пластинку, подобное действию видимого света. На первом рентгеновском снимке, сделанном ученым, запечатлена кисть руки его жены, Берты Рентген. Это фото мгновенно облетело весь мир. Повсюду в лечебных учреждениях стали открываться лаборатории, оснащенные рентгеновскими аппаратами. Причём делалось это легко и быстро по той простой причине, что учёный наотрез отказывался патентовать своё

открытие, заявляя, что оно представляет собой достояние всего человечества, а не служит для него источником доходов.



Рисунок 1.

Способ получения и свойства рентгеновского излучения.

Заглянуть внутрь человеческого организма, увидеть, как выглядит скелет, внутренние органы, оценить степень полученной травмы – и всё это не повреждая ткани, не применяя скальпель – об этом врачи всех времён могли только мечтать. Так что вклад Вильгельма Конрада Рентгена в медицину едва ли можно переоценить. Кроме того, это открытие позволило переосмыслить не одно положение классической физики. Не без его помощи мир узнал и что такое радиоактивность.

**Применение в медицине.** Тело человека состоит из тканей и органов, различно поглощающих рентгеновское излучение. Поэтому при просвечивании его на экране получается неоднородное теневое изображение, которое дает картину формы и расположения тканей и внутренних органов. Во многих случаях при этом можно судить также об их нормальном или патологическом состоянии. Распознавание заболеваний при помощи просвечивания тела рентгеновским излучением называется рентгенодиагностикой. Рентгенодиагностика использует два основных

метода: рентгеноскопию и рентгенографию [2].

Для получения контрастного изображения, на котором выявляется структура исследуемых тканей, необходимо в каждом отдельном случае подбирать соответствующую жесткость излучения так, чтобы оно проходило сквозь менее плотные ткани, но достаточно поглощалось более плотными тканями. При рентгенографии объект исследования помещается перед кассетой, в которую вложена пленка со специальной фотоэмульсией. Рентгеновская трубка располагается над объектом. Исследование может производиться и для органов, которые сами по себе не дают контрастного теневого изображения. Эти органы предварительно наполняют веществом, хорошо поглощающим рентгеновское излучение.

Рентгеновское излучение используется также для лечебных целей, метод называется рентгенотерапией. Действие излучения нарушает жизнедеятельность клеток, особенно мало дифференцированных и быстро размножающихся. Поэтому рентгенотерапия применяется для борьбы со злокачественными опухолями [3].

**Выводы.** Таким образом, открытие Рентгена спустя столько лет продолжает служить на благо человечества. Вся его активность, все силы были направлены на исследования, эксперименты, опыты. Благодаря его достижению медицина и технологические дисциплины шагнули далеко вперед.

### **Литература/ References**

1. Полякова П.А., Максимова Ю.А., Полякова Н.П. Вильгельм Конрад Рентген: биография, открытия, интересные факты из жизни // Сборник статей XIX Международной научно-практической студенческой конференции Химия и жизнь. -2020.

2. Жданов Г.С. Рентгеновы лучи. // - Москва: Государственное издательство технико-теоретической литературы, -1949.

3. Ливенцев Н. М. Курс Физики. Атомная и ядерная физика, основы медицинской электроники и основы медицинской кибернетики // М.: «Высшая школа». -1978.

**РАЗДЕЛ 2.**  
**ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕРАПИИ, ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В**  
**МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ**  
**МЕТОДЫ В РЕГЕНЕРАТИВНОЙ МЕДИЦИНЕ**

АЛИЕВА В.О.

**ЛЕЧЕНИЕ ВАКУУМОМ (ХИДЖАМА КАК РАЗНОВИДНОСТЬ  
ФИЗИОТЕРАПИИ)**

*Государственное бюджетное профессиональное образовательное  
учреждение «Кузбасский медицинский колледж», Россия, г. Кемерово*

Научный руководитель: к.м.н., Сидорова О.Д.

ALIEVA V.O.

**VACUUM TREATMENT (HIJAMA AS A KIND OF PHYSIOTHERAPY)**

*State Budgetary Professional Educational Institution*

*«Kuzbass Medical College», Russia, Kemerovo*

Supervisor: Candidate of Medical Sciences, Sidorova O.D.

*Аннотация:* В данной статье описываются особенности хиджамы как вакуумного метода физиотерапии. Также рассматриваются теории, объясняющие механизм ее действия.

*Ключевые слова:* хиджама, капиллярное кровопускание, физиотерапия, вакуумтерапия

*Abstract:* This article describes the features of hijama as a vacuum method of physiotherapy. The author also examines the theories explaining the mechanism of action of hijama.

*Keywords:* hijama, capillary bloodletting, physiotherapy, vacuum therapy.

**Цель исследования:** систематизация представлений о специфике хиджамы как вакуумного метода физиотерапии, а также механизме ее действия.

**Материалы и методы исследования.** Исследование носит теоретический характер. В качестве материалов исследования выступают прикладные работы ученых-медиков в области капиллярного

кровопускания. Применение метода теоретического анализа исследований обеспечило систематизацию представлений о специфике хиджама как вакуумного метода физиотерапии и механизме ее действия.

**Результаты и их обсуждение.** Хиджама – это термин арабского происхождения, медицинское значение которого описывается как нанесение чашеобразных сосудов [2, с. 1540]. С помощью нагретого воздуха или специального всасывающего устройства в чашах (банках) создается вакуум для эвакуации продуктов метаболизма, отвода последних от пораженной патологическим процессом области и стимулирования притока крови к пораженному участку [10, с. 2]. Данный процесс сопровождается высвобождением крови из поверхностных мелких сосудов, расположенных в очаге поражения. Также хиджаму можно определить как хирургическую процедуру, включающую поверхностную скарификацию кожи, открывающую кожный барьер и создающую градиент давления и силу тяги через кожу и нижележащие капилляры для отвода интерстициальных жидкостей и улучшения клиренса крови и выведения продуктов метаболизма через кожу [7, с. 2]. Выделяется два типа хиджама в зависимости от использования скарификатора: влажная хиджама (осуществляемая со скарификацией) и сухая хиджама (осуществляемая без скарификации). Влажная хиджама направлена на эвакуацию капиллярной крови, богатой продуктами метаболизма [4, с. 21]. Принцип механизма сухой хиджама сводится к перераспределению биологических жидкостей в области патологического процесса. Методы образования вакуума в чашах включают использование как зажженного фитиля, закрепленного на корнцанге, так и специального вакуумного насоса. Стоит обратить внимание, что влажная хиджама имеет принципиальное отличие от донации венозной крови, так как высвобождает кровь из мелких кровеносных сосудов, расположенных максимально близко к поверхности кожи.

Относительно механизма действия хиджама до сих пор нет единого

мнения, что обусловлено как ограниченными исследованиями в данной области, так и существованием несколько методов хиджамы, каждый из которых может продемонстрировать эффект данной терапии. Помимо этого, хиджама еще не полностью стандартизирована, что делает результаты различных исследований по технике хиджамы практически несравнимыми. В современной науке относительно механизма действия хиджамы имеется несколько теорий. К ним относятся теория простагландинов (посредством влажной хиджамы простагландины, будучи основными медиаторами воспаления, передающими болевые сигналы в головной мозг, удаляются из организма, что приводит к уменьшению боли) [9, с. 2], теория выработки эндорфинов и энцефалина (увеличение выработки этих соединений при воздействии на организм хиджамы приводит к снижению болевых ощущений) [5, с. 3; 3, с. 150], теория оксида азота (последний образуется в организме в результате любой травмы, в том числе при микрповреждениях, и обладает различными положительными эффектами в организме) [6, с. 1462], теория Тайбы (рассматривает хиджаму как небольшую хирургическую выделительную процедуру, действующую так же, как и механизм выделительной функции посредством клубочковой фильтрации почки, а также как дренирование абсцесса) [1, с. 179; 7, с. 3; 9, с. 3] и др.

**Выводы.** Хиджама представляет собой физиотерапевтическую процедуру, техника которой заключается в нанесении на поверхность тела в определенных точках стеклянных сосудов в форме чаши и создании в них вакуума. В ходе рассмотренной процедуры создается градиент давления и силой тяги через кожу и нижележащие капилляры происходит перераспределение интерстициальных жидкостей либо эвакуация посредством дополнительной скарификации капиллярной крови, богатой продуктами метаболизма. Механизм терапевтического действия хиджамы до конца не изучен и по сей день остается предметом исследований.

#### **Литература / References**

1. Anjum S, Anjum A, Jilani S, et al. Potential Benefit of Hijama in Musculoskeletal Disorders. *Int J Adv Pharm Med Bioallied Sci.* 2014; 2(3): 178-188.
2. Dar AK, Lone AH, Therapeutic application of Al-Hijamah (cupping therapy) in osteoarthritis of the knee, *International Journal of Research and Development in Pharmacy & Life Science*, 2015; 4(3):1540-1544.
3. Koneru A, Satyanarayana S, Rizwan S. Endogenous Opioids: Their Physiological Role and Receptors. *GJP.* 2009; 3(3): 149-153.
4. Lari A, Nayab M, Tausif M, Lari J, Alam A, Therapeutic potentials of hijama-bila-shart (Dry Cupping Therapy): A review. *International Journal of Unani and Integrative Medicine*, 2017;1(1): 21-24.
5. Leuenberger A. Endorphins, Exercise, and Addictions: A Review of Exercise Dependence. *Impulse: The Premier Journal for Undergraduate Publications in the Neurosciences.* 2006; 1-9.
6. Pall ML. Elevated Nitric Oxide/Peroxynitrite Theory of Multiple Chemical Sensitivity Central Role of NMethyl-D-Aspartate Receptors in the Sensitivity Mechanism. *Environ Health Perspect.* Sep 2003; 111(12): 1461-1464.
7. Sayed SM, Mahmoud HS, Nabo MMH. Medical and scientific bases of wet cupping therapy (Al-hijamah): in light of modern medicine and prophetic medicine. *Altern Integ Med.* 2013; 2 (5): 1-16.
8. Sofaer B. *Pain: Principles, Practice and Patients (English).* Nelson Thornes Ltd.; 1998; 130.
9. Subadi I, Nugraha B, Laswati H, et al. Pain Relief with Wet Cupping Therapy in Rats is Mediated by Heat Shock Protein 70 and  $\beta$ -Endorphin. *Iran J Med Sci.* Jul 2017; 42(4): 384.
10. Tagil SM, Celik HT, Ciftci S, Kazanci FH, Arslan M, Erdamar N et al., Wet-cupping removes oxidants and decreases oxidative stress, *Complementary Therapies in Medicine*, 2014; 22(6).

БАДРЕТДИНОВА В.Т., СЕРЫХ Т.А.

**РАЗРАБОТКА ГИДРОКСИАПАТИТА С КОНТРОЛИРУЕМЫМ  
ВЫСВОБОЖДЕНИЕМ ТЕТРАЦИКЛИНА**

*Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург*

Научный руководитель: к.х.н., доцент Уласевич С.А.

BADRETDINOVA V. T., SERYKH T. A.

**DEVELOPMENT OF HYDROXYAPATITE WITH CONTROLLED  
TETRACYCLINE RELEASE**

*ITMO University, St. Petersburg*

Supervisor: Ph. D, associate Professor Ulasevich S.A.

*Аннотация:* В данной работе исследовано высвобождение тетрациклина из фосфатов кальция. Система с локальной доставкой лекарств может быть использована в лечении костных инфекций.

*Ключевые слова:* гидроксиапатит, тетрациклин, фосфат кальция, кость.

*Abstract:* This work investigated the release of tetracycline from calcium phosphates. The local drug delivery system can be used to treat bone infections.

*Key words:* hydroxyapatite, tetracycline, calcium phosphate, bone.

Фосфаты кальция становятся все более популярными в области биомедицины, в частности, стоматологии, материалов для восстановления костей и систем доставки лекарств. Преимущества кальций-фосфатных костных цементов заключаются в биосовместимости, биоразлагаемости и композиционного сходства с минералом кости. Простота формования кальций-фосфатных костных цементов позволяет использовать их для заполнения костных дефектов намного лучше, чем в твердом состоянии,

которое трудно формировать, или порошки (гранулы), которые трудно удерживать локально.

Для предотвращения воспаления костных тканей используют местную систему доставки лекарств, которая обладает множеством преимуществ, таких как высокая концентрация лекарств в локальном месте, длительная продолжительность действия препарата и меньшие побочные эффекты, что приводит к более эффективному и безопасному лечению [1].

Многие системные антибиотики имеют низкую концентрацию в жидкости после перорального введения [2]. Поэтому более целесообразно разработать местные системы доставки, ориентированные на доставку лекарств локально, учитывающие все вышеперечисленные аспекты, а именно противомикробные, противовоспалительные и возможность регенерации костей для полного лечения костных инфекций [3].

Тетрациклин был выбран на основе его эффективности и популярного применения при костных заболеваниях. Препараты класса тетрациклинов являются не только антибиотиками, но также ингибируют резорбцию кости и повышают активность остеобластов, тем самым способствуя образованию кости [4].

**Цель исследования:** анализ высвобождения тетрациклина, включенного в гидроксипатит.

**Материалы и методы исследования.** Тетрациклин использовали в концентрации 0,01 мг/мл. 20 мг порошка гидроксипатита с загруженным тетрациклином суспендировали в 2 мл фосфатного буфера ФБС (рН 7,4). С помощью центрифуги избавлялись от гранул в растворе со скоростью вращения 6000 об/мин в течение 3 мин. Исследование проводили в течение 5 ч (рис. 1).

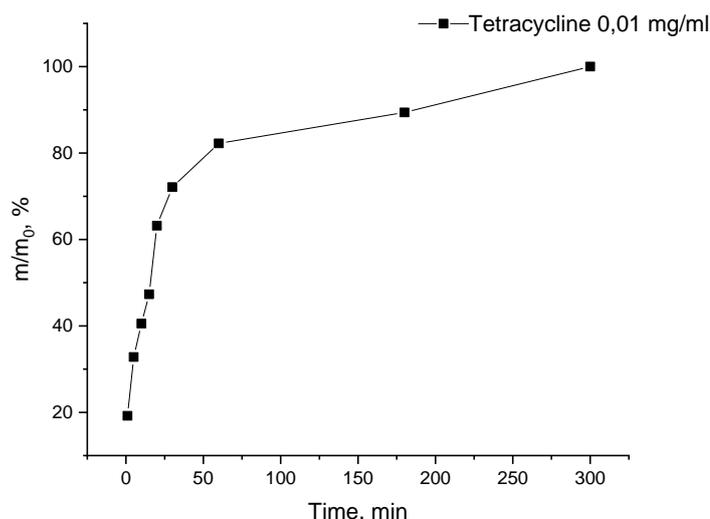


Рисунок 1.

Высвобождение тетрациклина из гранул гидроксиапатита

**Результаты и их обсуждение.** На рис.1 наблюдается двухфазная кинетика высвобождения антибиотика. Изначально происходит увеличение концентрации тетрациклина, которое особенно резко выражено в течение первых 40 минут, за которые высвобождается до 75%. На втором этапе в течение 260 минут высвобождается оставшиеся 25% тетрациклина.

**Выводы.** Изучение кинетики высвобождения показало, что лекарственный препарат высвобождался относительно быстро в течение короткого периода, а затем скорость высвобождения замедлилась со временем. Композиты, изготовленные из тетрациклина и гидроксиапатита, могут представлять интерес в качестве новой системы доставки лекарств для профилактики и лечения костных инфекций.

#### Литература / References

1. W. Zimmerli. Orthopaedic biofilm infections / W. Zimmerli, P. Sendi//APMIS: acta pathologica, microbiologica, et immunologica Scandinavica. – 2018. –p. 353-364.

2. H. Winkler. Rationale for one stage exchange of infected hip replacement using uncemented implants and antibiotic impregnated bone graft / H. Winkler//Int. J. Med. Sci. – 2019. – №6. –p. 247-252.

3. Sakellari D. Concentration of 3 tetracyclines in plasma, gingival crevicular fluid and saliva / Sakellari D, Goodson J.K., Socransky S.S., Kolokotronis A., Konstantinidis A. // J Clin Periodontol. – 2019. – P. 53–60.

4. Stoller NH. The pharmacokinetic profile of a biodegradable controlled-release delivery system containing doxycycline compared to systemically delivered doxycycline in gingival crevicular fluid, saliva, and serum / Stoller N.H., Johnson L.R., Trapnell S., Harrold C.Q., Garrett S. // J Periodontol. – 2000. – P. 1085–1091.

ВЕРТЕБНАЯ Л.В, ФЕДОСЕЕВ М.Н.

**ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЯ: ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И  
ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ МЕТОДА**

*Кафедра неврологии, нейрохирургии, медицинской генетики  
и медицинской реабилитации*

*Кемеровского государственного медицинского университета, г. Кемерово*

Научный руководитель: к.м.н., доцент И.Ф. Федосеева

VERTEBNAYA L.V, FEDOSEEV M.N

**ELECTROENCEPHALOGRAPHY: PHYSICAL BASIC AND  
DIAGNOSTIC VALUE OF THE METHOD**

*Department of neurology, neurosurgery, medical genetics and  
medical rehabilitation*

*Kemerovo State Medical University, Kemerovo*

Supervisor: MD, PhD, Associate Professor Fedoseeva I.F

*Аннотация:* изучены физические основы метода ЭЭГ. Проведен анализ результатов видео-ЭЭГ во время сна 109 пациентов для дифференциальной диагностики генеза пароксизмов и уточнения диагноза.

*Ключевые слова:* электроэнцефалография, нейрон, диагностика, потенциал, эпилепсия.

*Abstract:* Review of the physical foundations of electroencephalography (EEG) and the results of the video-EEG-procedure in 109 patients to verify the diagnosis of paroxysms.

*Keywords:* electroencephalography, neuron, diagnostics, potential, epilepsy.

Электроэнцефалография (ЭЭГ) является диагностически ценным, широко распространенным, информативным, неинвазивным методом выявления неврологической патологии. Первая запись ЭЭГ человека была получена немецким психиатром Гансом Бергером в 1924 году [1].

**Цель исследования:** изучить физические основы и диагностическое значение метода электроэнцефалографии (ЭЭГ).

**Материалы и методы исследования.** Для реализации цели исследования применялся анализ научной литературы и результатов видео-ЭЭГ-мониторинга во время сна 109 пациентов отделения для детей с поражением центральной нервной системы, психики и опорно-двигательного аппарата Кемеровской областной клинической больницы.

**Результаты и их обсуждение.** Электроэнцефалография (ЭЭГ) - метод исследования головного мозга, основанный на регистрации его электрических потенциалов. ЭЭГ отражает результат временной и пространственной суммации элементарных процессов, протекающих в нейронах. Мембрана нейрона обладает сопротивлением. За счет энергии обмена веществ концентрация положительных ионов во внеклеточной жидкости выше, чем внутри нейрона. Наличие разницы потенциалов между

внутриклеточной и внеклеточной средой называется поляризацией мембраны нейрона. Биоэлектрическая активность мозга представляет собой колебания разности потенциалов между двумя точками на поверхности головы обследуемого. Каждый канал прибора регистрирует напряжение, отведенное двумя электродами. Электроэнцефалограф представляет собой многоканальное устройство, регистрирующее электрическую активность от соответствующего числа пар электродов, установленных на голове обследуемого.

Основными характеристиками ЭЭГ являются: частота - количество колебаний в секунду, выраженное в герцах; амплитуда колебаний электрического потенциала на ЭЭГ в микровольтах (мкВ); фаза - направление колебания от изоэлектрической линии.

Частотный диапазон ритмических колебаний биопотенциалов, зарегистрированных на ЭЭГ, лежит в интервале от 0,3 до 35 Гц. Согласно международной классификации все колебания делятся на следующие частотные диапазоны, обозначаемые буквами греческого алфавита:  $\delta$  дельта - менее 3,5 кол /сек,  $\theta$  тета - 4 - 7,5 кол/сек,  $\alpha$  альфа - 8 - 13 кол /сек,  $\beta$  бета - свыше 13 кол /сек,  $\gamma$  гамма - часть бета-диапазона в интервале 35 - 45 кол/сек. При патологических процессах головного мозга на ЭЭГ выявляют следующие паттерны: спайк, острая волна, комплексы спайк-волна и острая-волна-медленная-волна, вспышки волн. Для провокации изменений на ЭЭГ, связанных с пароксизмальными состояниями, проводят функциональные пробы: гипервентиляцию, ритмическую фото- и фоностимуляцию. Электроды располагают симметрично относительно сагиттальной линии над всеми отделами конвекситальной поверхности мозга на одинаковом расстоянии друг от друга [2].

ЭЭГ применяется для диагностики новообразований, выявляют локальные патологические изменения в зоне проекции опухоли - угнетение альфа-ритма, появление дельта-волн. Наибольшее диагностическое

значение имеет регистрация ЭЭГ пациентов с пароксизмальными состояниями. ЭЭГ выявляет эпилептическую активность, ее локализацию и тип.

В настоящее время с целью дифференциальной диагностики пароксизмальных нарушений сна эпилептического и неэпилептического генеза, а также для анализа семиологии приступов применяется метод видео-ЭЭГ-мониторинга во время сна [3,4].

Проведен анализ результатов видео-ЭЭГ-мониторинга во время сна 109 пациентов в возрасте от 2 месяцев до 17 лет, из них 66 мальчиков (60,5%) и 43 девочки (39,5%). Средний возраст обследованных больных составлял  $7,6 \pm 4,6$  года. Критерием включения в исследование служило наличие у больных пароксизмальных состояний с двигательным компонентом во время сна и отсутствие эпилептической активности при рутинной электроэнцефалографии. Для проведения видео-ЭЭГ-мониторинга использовали 21-канальный электроэнцефалограф «Нейрон-спектр-5». Регистрация видео-ЭЭГ-мониторинга проводилась в состоянии бодрствования и физиологического сна после его депривации. Продолжительность исследования составляла в среднем 2 часа.

Клинически пароксизмальные состояния во сне у обследуемых проявлялись миоклониями в 32 случаях (2,3%), снохождением – в 15 (13,7%), утратой сознания – в 20 случаях (18,3%), генерализованными тонико-клоническими судорожными приступами - у 14 больных (12,8%), вегетативными нарушениями – у 3 больных (2,8%), апноэ – в 13 случаях (11,9%), страхами – в 9 (8,3%), сноговорением – у 3 человек (2,8%).

По результатам видео-ЭЭГ-мониторинга у 64 детей (58,7%) клинические проявления во время сна сопровождались приступным паттерном на ЭЭГ, либо эпилептической активностью, что служило подтверждением эпилептического генеза пароксизмов. У 45 пациентов (41,3%) во время обследования в состоянии сна эпилептической активности

не выявлено. Из них у 10 человек (22,2%) зарегистрированы клинические проявления во сне, не сопровождавшиеся изменениями биоэлектрической активности головного мозга на ЭЭГ, что позволило исключить эпилептический генез пароксизмов и скорректировать диагноз и лечение.

**Выводы.** Для дифференциальной диагностики пароксизмальных состояний во время сна необходимо проведение видео-ЭЭГ-мониторинга в состоянии бодрствования и сна. Объективизация клинических проявлений пароксизмов с помощью видеозаписи и сопоставление с синхронно регистрируемой электроэнцефалограммой позволяет уточнить генез пароксизма и клинический диагноз, а также определить тактику лечения.

### **Литература/ References**

1. Гусев Е.И. Неврология: национальное руководство//Под ред. Е.И.Гусева [и др.], Москва: ГЭОТАР – Медиа, 2012. – 1040 с.
2. Колодко В.Г. Электроэнцефалография как основной метод клинической нейрофизиологии// Научные итоги 2011 года. Достижения, проекты, гипотезы, 2011, №2, С.16-21
3. Гузева В.И., Гузева О.В., Гузева В.В. Роль видео-ЭЭГ-мониторинга в диагностике эпилептических и неэпилептических состояний у детей// Эпилепсия и пароксизмальные состояния, 2010, №2, С.12-19
4. Шнайдер Н.А. Видеомониторинг энцефалографии при эпилепсии//Сибирское медицинское обозрение, 2016, №2, С.93-105

ГУБИНА Д.И.

### **ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЯДЕРНОЙ МЕДИЦИНЫ**

*Кафедра медицинской, биологической физики и высшей математики  
Кемеровского государственного медицинского университета, г. Кемерово*

Научный руководитель: ст. преподаватель Салтанова Е.В.

GUBINA D. I.

**PHYSICAL FOUNDATIONS OF NUCLEAR MEDICINE**

*Department of medical & biological physics*

*Kemerovo State Medical University, Kemerovo*

Supervisor: senior lecturer Saltanova E.V.

*Аннотация:* ядерная медицина в основном используется для диагностики всех органов человеческого тела и лечения онкологических и кардиологических заболеваний. Для диагностики и лечения заболеваний используют радионуклидные фармацевтические препараты и применяют метод лучевой терапии.

*Ключевые слова:* ядерная медицина, радионуклиды, лучевая терапия, радиохирurgia.

*Abstract:* Nuclear medicine is mainly used to diagnose all organs of the human body and to treat cancer and cardiac diseases. Radionuclide pharmaceuticals and radiotherapy are used for diagnostics and treatment of diseases.

*Keywords:* nuclear medicine, radionuclides, radiotherapy, radiosurgery.

**Цель исследования:** изучить физические основы ядерной медицины и ее применение в диагностике и лечении заболеваний.

**Материалы и методы исследования.** Изучение литературы, интернет-ресурсов, анализ информации.

Ядерная медицина — это один из самых перспективных и быстрорастущих разделов клинической медицины, который использует для диагностики и лечения заболеваний радионуклидные фармацевтические препараты, а также применяет метод лучевой терапии. Точность исследований с помощью радиоактивных изотопов помогает выявлять рак на ранних стадиях, а также эффективно с ним бороться. При помощи

дозиметрических вычислений было установлено, что доза радиофармпрепаратов, полученная человеком в результате исследования, во многих клинических ситуациях в несколько раз ниже дозы, связанной с рентгеновской компьютерной томографией или ангиографией.

Актуальность данной работы заключается в том, что по исследованиям НИИ им. Герцена в нашей стране в 2019 г. (2021 и 2020 года не учитываю, так как пандемия COVID-19 являлась причиной основной массы смертей) выявил, что злокачественные образования стали причиной каждой шестой смерти (294, 4 тыс. людей), став второй причиной смерти после болезни сердца и сосудов (841, 2 тыс.). Данная статистика растёт из-за многих факторов начиная от эмоционального состояния человека заканчивая экологическим фактором.

В ядерной медицине применяют ионизирующее излучение, состоящее из заряженных частиц (электроны, позитроны, протоны,  $\alpha$ -частицы, тяжелые ионы). Это излучение передает свою энергию в среду главным образом через кулоновское взаимодействие между заряженными частицами и орбитальными электронами среды. Косвенно ионизирующее излучение, состоящее из незаряженных частиц, например, из фотонов или нейтронов, передает свою энергию в среду в два этапа:

- на первом этапе оно в результате взаимодействия со средой создает заряженные частицы;
- на втором этапе уже эти заряженные частицы передают свою энергию, производя ионизацию среды.

Фотоны или  $\gamma$ -излучение принято разделять в зависимости от способа их образования на следующие виды:

- характеристическое излучение (или x-лучи), образующееся в результате перехода орбитальных электронов на другую орбиту атома;
- тормозное излучение (или x-лучи), являющиеся результатом кулоновского взаимодействия электронов с ядрами атомов;

- фотоны (или  $\gamma$ -кванты), образующиеся при ядерных превращениях;
- аннигиляционное излучение (или аннигиляционные кванты), образующиеся при аннигиляции позитрона с электроном

Первичное действие ионизирующего излучения заключается в ионизации и возбуждении атомов вещества. По мере прохождения частицы через вещество ее энергия снижается, а с уменьшением энергии возрастает линейная передача энергии, в конце пробега заряженной частицы создается наибольшая плотность ионизации (пик Брэгга), иными словами – поглощается наибольшая доза. Это свойство используется в практике лучевой терапии, когда хотят подать на опухоль, находящуюся на определенной глубине, большую дозу при минимальном повреждении тканей, находящихся по ходу пучка перед опухолью и за ней.

Ионизирующие излучения характеризуются проникающей и ионизирующей способностью. Количественными характеристиками уровня воздействия ионизирующего излучения являются величины: поглощенная, экспозиционная и эквивалентная дозы, мощность дозы, активность.

Рассмотрим применение ионизирующего излучения в медицине. В брахитерапии закрытые источники ионизирующего излучения доставляют непосредственно в злокачественную опухоль или рядом с ней, что даёт терапевтический эффект. Преимущество метода заключается в возможности подведения максимальных доз лучевой терапии непосредственно на опухолевый очаг и в зону интереса при минимизации воздействия на критические органы и смежные ткани.

Лучевая терапия — метод лечения больных с помощью ионизирующей радиации, что способствует подавлению роста раковых клеток. Методы лучевой терапии также разделяют по расположению источника относительно человека: дистанционное облучение (наружное), источник находится вне организма, и контактное. При контактном облучении источники излучения размещают либо в полости органа, либо внутри

опухолевой ткани. Сочетание двух способов облучения или применение двух видов излучений принято называть сочетанной лучевой терапией.

Радиохирургия — методика радиотерапии, включающая в себя однократное облучение высокой дозой ионизирующего излучения на патологические очаги с целью их уничтожения или приостановки их функционирования. Выделяют несколько установок для радиохирургии:

гамма-нож — основан на использовании многочисленных изотопных источников высококонцентрированных пучков  $\gamma$ -лучей, направленных в зону очага; икс-нож, кибер-нож, линейный ускоритель Новалис являются линейными ускорителями электронов, генерирующими интенсивное электромагнитное поле в рентгеновском энергетическом диапазоне.

Радионуклидная терапия — способ лечения различных заболеваний путём введения в организм больного различных терапевтических препаратов, которые, накапливаясь в патологическом очаге в организме, испускают излучение с коротким пробегом, разрушающее повреждённую ткань.

**Выводы.** Ядерная медицина не стоит на месте, представляя собой активно развивающуюся систему знаний и технологий, которая основана на лечении и диагностики онкологических заболеваний. Широкое понимание принципов работы может помочь многим людям и облегчить их страдания на пути к здоровой жизни.

#### **Литература / References**

1. Бекман, И. Н. Ядерная медицина: физические и химические / И. Н. Бекман. — Москва : Издательство Юрайт, 2018. — 400 с.

2. Лучевая диагностика и терапия. Общая лучевая диагностика [Электронный ресурс] : учебник : в 2 т. Т. 1 / Терновой С. К. и др. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 232с. : ил. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/>. - ISBN 9785970429891.

3. Современная ядерная медицина в педиатрии/ А.А. Баранов, Л.С. Намазова-Баранова, И.Е. Смирное и др. //Российский педиатрический журнал –2015. – №4. – С. 4-13.

4. Труфанов Г. Е. Лучевая терапия (радиотерапия) / Г.Е. Труфанов др.– М.: ГЭОТАР – Медиа, 2018. – 208 с.

ДМИТРОВА Е.Д.

### **ФИЗИОТЕРАПЕВТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В СТОМАТОЛОГИИ**

*Кафедра медицинской, биологической физики и высшей математики  
Кемеровского государственного медицинского университета, г. Кемерово*

Научный руководитель: ст. преподаватель Дадаева Г.Н.

DMITROVA E.D.

### **PHYSIOTHERAPEUTIC METHODS IN DENTISTRY**

*Department of Medical, Biological Physics and Higher Mathematics of  
Kemerovo State Medical University, Kemerovo*

Scientific supervisor - senior lecturer Dadaeva G.N.

*Аннотация:* Физиотерапия давно и успешно применяется во многих областях современной медицины. Не является исключением и стоматология, где новые высокоэффективные технологии получают все большее распространение. Физиотерапевтические методы лечения успешно используются в профилактике, диагностике и терапии заболеваний стоматологического профиля.

*Ключевые слова:* стоматология, физиотерапевтическое воздействие, физиотерапия в стоматологии.

*Abstract:* Physiotherapy has long been successfully used in many areas of modern medicine. Dentistry is no exception, where new high-performance

technologies are becoming more widespread. Physiotherapeutic methods of treatment are successfully used in the prevention, diagnosis and therapy of dental diseases.

*Keywords:* dentistry, physiotherapy, physiotherapy in dentistry.

**Цель исследования:** рассмотреть действие физических факторов на организм человека в частности на органы полости рта.

**Материалы и методы исследования.** Проведен анализ литературных источников.

**Результаты и их обсуждение.** В последние годы значительно расширился арсенал применяемых в стоматологии физиотерапевтических методов лечения. Применение физиотерапии в сочетании с другими методами лечения позволяет уменьшить тяжесть клинических проявлений и снизить частоту осложнений заболеваний [1].

В основу эффекта, создаваемого физиотерапевтическим лечением, заложено постепенное проникновение в ткани различных физических факторов, что обеспечивает длительный накопительный эффект [2].

Особенности физиотерапевтических методов:

- универсальность их действия, один и тот же фактор может применяться при различных заболеваниях;
- физические факторы в терапевтических дозировках, как правило, не обладают токсичностью, не вызывают побочных эффектов и аллергии организма;
- длительное последствие - может колебаться от нескольких недель до 4-6 месяцев;
- хорошая совместимость с другими лечебными средствами, возможно комбинирование методов физиотерапии [3].

В современной физиотерапии, применяемой в лечении стоматологических пациентов, используются естественные и индуцированные физические факторы. Можно выделить несколько

основных видов процедур, применяемых в стоматологии для лечения заболеваний ротовой полости. Это электротерапия, лечение с помощью воздействия магнитных и электромагнитных полей, фототерапия, магнитолазерная терапия, теплолечение.

**Электротерапия** – данный вид физиотерапевтической процедуры происходит с применением различного вида токов. К электротерапии относятся такие физиотерапевтические процедуры как гальванизация и электрофорез. *Гальванизация* - это метод использования в лечебно-профилактических целях постоянного тока небольшой силы (до 50 мА) и низкого напряжения (не выше 80 В). Постоянный ток пропускают через два электрода, анод накладывается на нейтральный участок, катод – на очаг патологии. Под действием приложенного к тканям электромагнитного поля в них возникает ток проводимости. Постоянный электрический ток вызывает в биологических тканях целый ряд физико-химических эффектов – электролиз, поляризацию, электродиффузию, электроосмос. Лечебное действие гальванизации выражается в следующих эффектах: противовоспалительном, анальгетическом, седативном (на аноде), метаболическом, секреторном (на катоде).

*Электрофорез* – сочетание воздействия постоянного тока с подкатодной трансфузией лекарственных препаратов, вводимых локально. Действие такого метода схоже с применением гальванических токов и дополняется действием вводимого лекарственного препарата. Чаще всего с помощью электрофореза вводят препараты йода (насыщенный раствор иодида калия), витамины, новокаин, лидокаин и никотиновую кислоту. Электрофорез применяется при таких заболеваниях как пульпит, периодонтит, кисты, гранулемы зубов. Действующее вещество скапливается непосредственно в месте воспаления, оказывая свой терапевтический эффект [3].

**Электромагнитные поля** используются в двух видах физиотерапевтического воздействия: это СВЧ и УВЧ процедуры.

Ультравысокочастотная (УВЧ) терапия – лечебное использование электрической составляющей переменного электромагнитного поля ультравысокой частоты. В механизме действия УВЧ-терапии условно выделяют нетепловой (осцилляторный) и тепловой эффекты. Осцилляторный эффект характеризуется изменением биологической структуры клеток на физико-химическом и молекулярном уровне. Тепловой эффект приводит к нагреву тканей организма путем превращения энергии электромагнитного поля в тепловую. Для УВЧ-процедур используются малые конденсаторные пластины. Их размещают на коже и пускают слабый ток, пока пациент не почувствует легкое тепло и покалывание. Благодаря УВЧ терапии в клетках десен стимулируется кровообращение, в полости рта устраняются бактерии и сокращаются гнойные процессы. Снижение болевых ощущений происходит благодаря уменьшению чувствительности в нервных окончаниях [4].

**Микроволновая терапия** – применение переменных электромагнитных колебаний сверхвысокой частоты сантиметрового (СМВ-терапия), дециметрового (ДМВ-терапия) и миллиметрового диапазона с лечебной целью. СВЧ-процедуры также направлены на прогревание тканей и улучшение кровообращения, а также для стимуляции иммунитета. СВЧ-терапия отличается от УВЧ-терапии различной локализацией областей максимального теплообразования. Преимуществом данной методики перед УВЧ-терапией является возможность воздействия на строго ограниченные участки тела пациента, что позволяет использовать данную терапию в более широком диапазоне стоматологических заболеваний [4].

**Выводы.** Перечисленные методики физиотерапевтического лечения успешно применимы в стоматологии [3]. Современный врач-стоматолог обязан обладать соответствующей профессиональной компетенцией в области возможностей физиотерапевтического лечения и знать механизмы

воздействия различных физиотерапевтических методов на патологии органов полости рта, а также, – должен уметь выбрать соответствующий метод лечения.

### **Литература / References**

1. Физиотерапия : учебное пособие / Гафиятуллина Г. Ш. [и др.]. — М. : ГЭОТАР-Медиа, 2010. -272 с.
2. Справочник по физиотерапии / В.Г. Ясногородский, Т.В. Караченцева, Н.И. Стрелкова. - М., «Медицина», 1992. -25 с.
3. Пономаренко Г.Н. Биофизические основы физиотерапии/ Пономаренко Г.Н., Турковский И.И. - М., «Медицина», 2006. -176 с.
4. Ушаков А. А. Практическая физиотерапия / А. А. Ушаков. - 2-е изд., испр. и доп. - М., Медицинское информационное агентство (МИА), 2009. -602с.

ДОВГУН А.В., САЛТАНОВА Е.В.

### **ЗНАЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ЯВЛЕНИЙ В МЕДИЦИНЕ**

*Кафедра медицинской, биологической физики и высшей математики  
Кемеровского государственного медицинского университета, г. Кемерово*

DOVGUN A., SALTANOVA E.V.

### **THE SIGNIFICANCE OF SURFACE PHENOMENA IN MEDICINE**

*Department of medical & biological physics  
Kemerovo State Medical University, Kemerovo*

*Аннотация:* Рассмотрено явление поверхностного натяжения, его роль в организме человека и фармации.

*Ключевые слова:* медицина, поверхностное натяжение, поверхностно-активные вещества.

*Abstract:* The phenomenon of surface tension, its role in the human body and pharmacy is considered.

*Keywords:* medicine, surface tension, surfactants

**Цель исследования:** изучение явления поверхностного натяжения и его значение в медицине.

**Материалы и методы исследования.** Изучение литературы, интернет-ресурсов, анализ информации.

**Результаты и их обсуждение.** Поверхностное натяжение — это явление, при котором вещество стремится приобрести форму с минимально возможной площадью поверхности. Молекулы, находящиеся внутри жидкости, окружены со всех сторон подобными. Силы, действующие на них со всех сторон, одинаковы, и равнодействующая этих сил равна нулю. У молекул, находящихся на границе раздела фаз, силы, действующие со стороны жидкой и газообразной фаз, не одинаковы. Молекулярные взаимодействия в вертикальном направлении не уравновешены. Вследствие этого равнодействующая молекулярных сил не равна нулю и направлена вглубь жидкости. При выходе молекул на поверхность совершается работа против этой силы. В результате возникает поверхностный слой молекул с избыточной поверхностной энергией.

Поверхностное натяжение характеризуется коэффициентом поверхностного натяжения  $\sigma = F/l$ , здесь  $F$  - сила поверхностного натяжения,  $l$  - длина контура поверхности. У большинства веществ поверхностное натяжение колеблется от 10 до 2000 мН/м. Мембраны биологических клеток имеют  $\sigma = 100$  мН/м.

Поверхностное натяжение различных жидкостей зависит от их молярного объёма, полярности молекул, способности молекул к образованию водородной связи между собой и др. При увеличении

температуры поверхностное натяжение уменьшается по линейному закону. На поверхностное натяжение жидкости оказывают влияние и находящиеся в ней примеси. Некоторые вещества увеличивают поверхностное натяжение, другие, наоборот, - уменьшают.

Принято различать статическое и динамическое поверхностное натяжение. У чистых жидкостей значение  $\delta$  стат. и  $\delta$  дин. совпадают.

У раствора поверхностно-активных после образования поверхности начинается адсорбция поверхностно-активных веществ, заканчивающаяся спустя некоторый промежуток времени адсорбционным равновесием и в растворах таких веществ  $\delta$  стат. всегда ниже, чем  $\delta$  дин.

Величина поверхностного натяжения имеет диагностическое значение в клинике. Например, в норме величина  $\sigma$  плазмы крови, сыворотки и мочи человека составляет соответственно 72, 56 и 70 мН/м. Появление же в моче желчных пигментов приводит к резкому снижению  $\sigma$  с 70 до 56 мН/м.

В фармации используют поверхностно активные вещества для предотвращения гидролиза и торможения окислительно-восстановительных процессов. В технологии лекарственных препаратов применяют ПАВ, которые позволяют стабилизировать дисперсные системы, повышают проницаемость клеточных мембран и улучшают сродства частиц дисперсной фазы с биологическими жидкостями организма.

В последние 10 лет широкое распространение получили антисептики и дезинфицирующие средства имеющие в своем составе катионные поверхностно-активные вещества, которые изменяют проницаемость клеточной мембраны, вызывают разрушение клеток и гибель микроорганизмов.

Рассмотрим роль поверхностного натяжения легочного сурфактанта в процессе дыхания. Диаметр альвеол составляет 0,2–0,3 мм. Каждая

альвеола окружена плотной сетью капилляров, поэтому площадь контакта с кровью, протекающей по капиллярам, с альвеолами очень велика. Внутренняя поверхность альвеол выстлана тонкой пленкой жидкости. Если бы эта пленка состояла только из воды, на внутренней поверхности альвеол действовали бы очень большие силы поверхностного натяжения. Дыхание было бы невозможно, так как стенки каждого альвеолярного пузырька стремились бы схлопнуться.

Но поверхностное натяжение альвеол в 10 раз меньше, чем поверхностное натяжение воды, т. к. в альвеолярной жидкости содержатся вещества, снижающие поверхностное натяжение. Коэффициент поверхностного натяжения альвеол  $\sigma_{\text{альв}}$  зависит от толщины пленки  $d$ , их выстилающей. При дыхании толщина пленки меняется: на вдохе она становится тоньше (растягивается) и тогда  $\sigma_{\text{альв}} = 50 \cdot 10^{-2}$  Н/м, а на выдохе становится толще (сжимается) и  $\sigma_{\text{альв}} = (5 - 10) \cdot 10^{-2}$  Н/м. Это связано с тем, что эффект сурфактантов тем выше, чем плотнее располагаются их молекулы, а при уменьшении диаметра альвеол эти молекулы сближаются.

Согласно формуле Лапласа  $\Delta p = 2\sigma/r$  давление в альвеолах при выдохе и снижении радиуса пузырька  $r$  должно возрасть, однако этому противодействует то, что по мере уменьшения радиуса альвеол снижается и поверхностное натяжение  $\sigma_{\text{сурф}}$  в них. Таким образом сурфактанты препятствуют полному схлопыванию мелких альвеол.

Экспериментально коэффициент поверхностного натяжения определяют методом отрыва кольца или методом отрыва капель.

Явление поверхностного натяжения и поверхностно-активные вещества играют важную роль в процессе дыхания человека, диагностике заболеваний, а также в фармации при разработке фармацевтических препаратов.

### **Литература / References**

1. Современные аспекты использования вспомогательных веществ в технологии лекарственных препаратов/ В.Л. Багирова, Н.Б. Демина, И.А. Девяткина и др.//Фарматека. – 1998. – № 6. – С. 34–36.
2. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов /Под ред. Ю. А. Ершова. – М.: Высш шк., 2003. – 560 с.
3. Ремизов А.Н., Максина А.Г., Потапенко А.Я. Медицинская и биологическая физика /А.Н. Ремизов, А.Г. Максина, А.Я. Потапенко – М.: Дрофа, 2003. – 560с.
4. Розенберг О. А. Легочный сурфактант и его применение при заболеваниях легких / О. А. Розенберг //Общая реаниматология – 2007.– Т.3.– №1 – С. 66-77.

ИВАНОВА А.С.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КИСЛОРОДНО - ГЕЛИЕВЫХ СМЕСЕЙ ПРИ  
ЛЕЧЕНИИ НОВОЙ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ COVID-19**

*Кафедра медицинской, биологической физики и высшей математики  
Кемеровского государственного медицинского университета, г. Кемерово*

Научный руководитель - к.т.н., доцент Харлампенков Е.И.

IVANOVA A.S

**«THE USE OF OXYGEN-HELIUM MIXTURES IN THE TREATMENT  
OF THE NEW CORONAVIRUS INFECTION COVID-19»**

*Department of Medical, Biological Physics and Higher Mathematics  
Kemerovo State Medical University, Kemerovo*

Scientific adviser-associate professor Kharlampenkov E.I.

*Аннотация:* В статье рассмотрены вопросы эффективности применения в период пандемии кислородно-гелиевой смеси для лечения новой короновиральной инфекции Covid-19. Представлены отличительные

характеристики смеси, ее значение для эффективного восстановления дыхательной функции легких, способы применения в стационарных и амбулаторных условиях.

*Ключевые слова:* кислородно-гелиевая смесь, Covid-19

*Abstract:* The article discusses the effectiveness of the use of oxygen-helium mixture for the treatment of a new Covid-19 coronavirus infection during a pandemic. The distinctive characteristics of the mixture, its importance for the effective restoration of respiratory function of the lungs, methods of use in inpatient and outpatient settings are presented.

*Keywords:* oxygen-helium mixture, Covid-19

**Цель исследования:** изучить состав кислородно- гелиевой смеси, выявить эффективность ее применения для лечения короновирусной инфекции Covid-19 .

**Материалы и методы исследования.** Использование кислородно-гелиевой смеси, как показали результаты исследований и лечения больных, при лечении бронхо-легочных заболеваний приводит к снижению диспноэ, парадоксального пульса, гиперкапнии, повышению пиковых инспираторного и экспираторного потоков и уменьшению гиперинфляции легких; снижает работу дыхания и дыхательное усилие, улучшает дыхательный комфорт, снижает риск повторной интубации трахеи, уменьшает респираторный ацидоз и улучшает механику дыхания; происходит достоверное улучшение основных показателей функции внешнего дыхания, что свидетельствует об улучшении вентиляции легочной ткани [1]. При проведении исследований выяснилось, что при дыхании кислородно-гелиевой смесью увеличился объём форсированного выдоха за 1 секунду, таким образом. дыхательная система получает возможность работать более эффективно, что важно при обширном поражении легких.

Кислородно-гелиевая смесь с содержанием гелия 80% и кислорода 20% обладает возможностью защищать органы от ишемического (снижение интенсивности кровообращения), и реперфузионного (поступление крови в орган, где ранее был её критический недостаток) синдромов, что дает возможность интенсивнее проводить лечение больных с Covid-19 [4].

**Результаты и их обсуждение.** Кислородно-гелиевая смесь активно используется в больницах Москвы, Санкт-Петербурга. Обсуждается вопрос применения в других территориях Российской Федерации. Процесс выздоровления после применения кислородно-гелиевой смеси короче, восстановление функций легких протекает быстрее, чем с применением искусственной вентиляцией легких. Стоит отметить, что в настоящее время выпускается аппарат приготовления подогретых кислородно-гелиевых смесей (АКГС 31), для терапии больных туберкулезом и другими бронхолегочными заболеваниями [3]. Аппарат обеспечивает возможность проведения кислородно-гелиевой терапии (КГТ), как в условиях стационарных лечебно-профилактических учреждений, так и в полевых условиях. В зависимости от модификации аппарата, лечение может проводиться либо автоматическим смешением кислорода и гелия по заданному процентному содержанию, либо готовыми гелиокислородными смесями.

**Выводы.** В Российской медицине давно изучается возможность помогать пациентам с разными видами заболевания легких. Потенциальная польза от кислородно-гелиевой смеси вызвана ее физическими свойствами. Благодаря низкой плотности, движение потока смеси будет менее турбулентным по сравнению с обычной смеси кислорода [2]. Вследствие этого, к альвеолам будет доставлено больше кислорода. Восстановление после болезни будет с меньшими побочными эффектами.

#### **Литература / References**

1. Суворов А. Гелий позволяет легче дышать – URL: <https://nauka.tass.ru/nauka/8318205/>. (дата обращения 29.10.2021)
2. Кислородно-гелиевая терапия. – URL: <https://aviamed.ru/services/information/kislородno-gelievaya-terapiya/> (дата обращения (30.10.2021)
3. Костенко Я. Ковид начнут лечить газовой смесью. – URL: <https://www.gazeta.ru/social/2021/09/17/13996766.shtml>; (дата обращения 02.11.2021)
4. Заякин А. Академик, гелий и президент. – URL: <https://novayagazeta.ru/articles/2020/05/09/85306-akademik-geliy-i-prezident> (дата обращения 04.11.2021)

КУВШИНОВ Д.Ю., ИВАНОВ В.И., ЛИТВИНОВА Н.А., СОЛОБУЕВ А.И.

**ПРОНИЦАЕМОСТЬ БИОЛОГИЧЕСКИХ МЕМБРАН  
И ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ ИЗМЕНЕНИЙ**

*Кафедра нормальной физиологии имени профессора Н.А. Барбараш  
Кемеровского государственного медицинского университета, г. Кемерово*

KUVSHINOV D.Y., IVANOV V.I., LITVINOVA N.A., SOLOBUEV A.I.

**PERMEABILITY OF BIOLOGICAL MEMBRANES  
AND POSSIBLE REASONS OF CHANGES**

*Department of Normal Physiology named after Professor N.A. Barbarash  
Kemerovo State Medical University, Kemerovo*

*Аннотация:* Транспортные механизмы биологических мембран существенно влияют на перенос лекарственных средств. Измененная функция переноса лекарств может привести к неожиданной токсичности лекарственного препарата.

*Ключевые слова:* биологические мембраны, трансмембранный транспорт, глутамат.

*Abstract:* The transport mechanisms of biological membranes significantly affect the transfer of drugs. Altered drug transfer function may lead to unexpected drug toxicity.

*Keywords:* biological membranes, transmembrane transport, glutamate

Жизнь клетки существенно зависит от способности мембраны контролировать обмен растворенными веществами между внутренней средой клетки и ее микроокружения. Клеточный барьер регулирует какие типы растворенных веществ могут входить в клетку и выходить из нее. Трансмембранный транспорт включает в себя сложные механизмы, ответственные за пассивную и активную транспортировку ионов и молекул малого и среднего размера. Транспортные механизмы, существующие в биологических мембранах, в значительной степени способствуют транспортировке лекарственных средств. Биологические мембраны широко используются как сенсоры для диагностики многих заболеваний, для быстрого анализа ДНК, белков и клеточных метаболитов, как элементы тонкопленочных технологий и в других прикладных направлениях. В последние годы биологические продукты, включая компоненты крови, рекомбинантные терапевтические белки, антитела, генно-терапевтические материалы получают биотехнологическими методами. Однако часто возникает проблема транспортировки биопрепаратов через биомембраны. Существует несколько методов повышения проницаемости биологических препаратов, например, с помощью рекомбинантных белков и вирусных векторов. Например, при разработке новых систем доставки биологических препаратов для ректального и назального введения исследовались модуляторы функций плотного соединения (ТЈ). Модулятор ТЈ взаимодействует с белками, например, клаудинами. Усиление переноса в

клетках было обнаружено в комбинации вектора аденовируса и натриевой соли каприновой кислоты, модулятора TJ [1]. При изучении пенетрирующей активности вспомогательных веществ (по проницаемости по Na) на модели мембраны эритроцита было обнаружено, что концентрация диметилсульфоксида в 0,01% увеличивает проницаемость мембраны по Na [2]. Сфингозин ((2S, 3R, 4E)-2-амино-4-октадецен-1,3-диол), повышает проницаемость для водных растворов липосомальных и эритроцитарных мембран-призраков [3]. Известно, что сфингозин оказывает апоптотическое и антипролиферативное действие на клетки.

Трансмембранный транспорт может иметь генетически обусловленные особенности. Показано, что скорость  $\text{Na}^+\text{-Li}^+$ -противотранспорта ( $\text{Na}^+\text{-Li}^+\text{-ПТ}$ ) в мембране эритроцита под влиянием биологически активного вещества  $[(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{P}^+\text{C}_{14}\text{H}_{29}] \text{Br}$  (вещество  $\text{C}_{14}$ ) зависит от генетически детерминированной исходной проницаемости клеточной мембраны. Так, у лиц, имеющих мембранные нарушения, т.е. высокую скорость  $\text{Na}^+\text{-Li}^+\text{-ПТ}$ , вещество  $\text{C}_{14}$  уменьшает исходно высокую проницаемость клеточных мембран. У лиц, имеющих исходно самую низкую мембранную проницаемость, вещество  $\text{C}_{14}$  никакого влияния на проницаемость клеточных мембран не оказывает [4].

Глутамат является преимущественно возбуждающим нейротрансмиттером в ЦНС млекопитающих и активирует широкий спектр ионотропных и метаботропных рецепторов. Концентрация внеклеточного глутамата контролируется семейством переносчиков глутамата (транспортёров возбуждающих аминокислот (ЕААТ)), которые служат для поддержания динамической системы передачи сигналов между нейронами [5]. Сбой или снижение регуляции функции ЕААТ приведет к повышению концентрации внеклеточного глутамата, вызывая чрезмерную стимуляцию рецепторов глутамата, что, в случае длительного действия, приведет к гибели клеток. Эти процессы могут лежать в основе патогенеза

ишемического повреждения головного мозга после инсульта [6], нейродегенеративных расстройств, например, бокового амиотрофического склероза [7] и болезни Альцгеймера [8].

Большие суперсемейства белков-переносчиков идентифицированы в клетке, они определяют в том числе эффективность и токсичность лекарств. Измененная функция переноса лекарств из-за генетических полиморфизмов, взаимодействия между лекарственными средствами или изменения микроокружения клетки может привести к неожиданной токсичности лекарственного препарата. Такие эффекты частично обусловлены взаимодействием между различными транспортерами с перекрывающимися функциональными возможностями, которые могут проявляться в виде выраженной межиндивидуальной изменчивости в расположении препарата *in vivo*. Лекарственные препараты потенциально могут конкурировать друг с другом за связывание с переносчиком, что приводит к неожиданным изменениям уровней препарата в сыворотке и тканях и возможным побочным эффектам. Это требует нового понимания фармакокинетики и эффектов лекарств, поскольку нынешние парадигмы в значительной степени основаны на предположении, что молекулы лекарств обладают разумной неограниченной проницаемостью через мембраны.

### **Литература / References**

1. Watanabe Y. Functional Modulation of Tight Junction to Enhance the Permeability of Biological Products (Biologics) in Biomembranes. *Yakugaku Zasshi*. 2017; 137(6): 719-732.
2. Орлова О.В., Егорова С.Н., Ослопов В.Н. Исследование влияния диметилсульфоксида на проницаемость клеточных мембран // *Казанский медицинский журнал*. 2011. №6. С. 901-904.
3. Contreras F-X, Sot J, Alonso A, Goñi FM. Sphingosine increases the permeability of model and cell membranes. *Biophys J*. 2006; 90 (11): 4085-4092.

4. Орлова О.В., Ослопов В.Н., Сидуллина С.А. Влияние биологически активного вещества  $C_{14}$  на проницаемость клеточной мембраны зависит от ее исходного генетически детерминированного состояния // Практическая медицина. 2013. №3 (71). С. 101-103.

5. Ryan RM, Vandenberg RJ. A channel in a transporter. Clin Exp Pharmacol Physiol. 2005; 32 (1-2): 1-6.

6. Torres-Salazar D, Jiang J, Divito CB, Garcia-Olivares J, Amara SG. A Mutation in Transmembrane Domain 7 (TM7) of Excitatory Amino Acid Transporters Disrupts the Substrate-dependent Gating of the Intrinsic Anion Conductance and Drives the Channel into a Constitutively Open State. J Biol Chem. 2015; 290(38): 22977-22990.

7. Vandenberg RJ, Ryan RM. Mechanisms of glutamate transport. Physiol Rev. 2013; 93(4): 1621-1657.

8. Lee A, Anderson AR, Barnett NL, Stevens MG, Pow DV. Alternate splicing and expression of the glutamate transporter EAAT5 in the rat retina. Gene. 2012; 506(2): 283-288.

КУНЦ К.М., ПРОСВИРКИНА Е.В.

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗВУКОВЫХ И УЛЬТРАЗВУКОВЫХ  
МЕТОДОВ В МЕДИЦИНЕ**

*Кафедра медицинской, биологической физики и высшей математики  
Кемеровского государственного медицинского университета, г. Кемерово*

Научный руководитель - к.х.н., доцент Просвиркина Е.В.

KUNZ K.M.

**COMPARISON OF SOUND AND ULTRASOUND METHODS IN  
MEDICINE**

*Department of medical & biological physics  
Kemerovo State Medical University, Kemerovo*

Supervisor: Ph.D Prosvirkina E.V.

*Аннотация:* В работе проведено сравнение методов ультразвуковых диагностик, применяющихся в медицине с целью выявить наиболее безопасный и действенный.

*Ключевые слова:* Ультразвук, методы, сканирование, ИТ (информационные технологии)

*Abstract:* This paper describes the phenomenon of ultrasound, examines the methods of ultrasound diagnostics used in medicine, and also presents their comparisons in order to identify the safest and the most effective.

*Keywords:* *Ultrasound, methods, scanning, information technology.*

**Введение:** Ультразвуковые методы диагностики находят широкое применение в медицине, это связано с их доступностью, а также способностью к визуализации практически всех структур, органов и тканей, человеческого тела, который, при всём прочем не имеет противопоказаний. Однако наряду с перечисленными достоинствами данного метода диагностики имеются и ограничения в использовании, например, методы не являются стандартизованными, и качество исследования зависит от УЗ-оборудования, на котором проводится исследование и квалификации врача УЗ-диагностики. Дополнительное ограничение для УЗИ – абдоминальное ожирение и/или метеоризм, что мешает прохождению ультразвуковых волн. Ультразвуковое исследование является рутинным методом диагностики, который часто применяется для скрининга. Тогда, когда заболевания и жалоб у пациента еще нет, для ранней доклинической диагностики следует применять именно УЗИ. При наличии уже известной патологии лучше выбрать КТ или МРТ как более точные (и дорогие) методы диагностики. В настоящее время ИТ компании, такие как “Butterfly” выпускают портативные устройства, которые позволяют проводить УЗ сканирование в домашних условиях с помощью специального устройства, соединённого с

обычным смартфоном, что позволяет удалённо отправить врачу-диагносту снимки для дистанционного обследования.

**Цель исследования** - сравнение ультразвуковых методов, в настоящее время применяющихся в медицине, и выявление наиболее эффективных и безопасных.

Физические принципы традиционных УЗ методов исследования основаны на пьезоэлектрическом и магнитострикционном эффектах, конвексный датчик является и источником, и приемником УЗ волн. Разрешающая способность данных датчиков достаточно высокая (3,5 МГц - частота; 7-9см - глубина фокусирования). Конвексные датчики являются самыми оптимальными и чаще всего применяемыми в диагностике. Выбором второго порядка являются линейные и секторные датчики, их разрешающая способность уже сравнительно ниже, чем у конвексного (3,5 МГц, 5-7 - глубина сканирования). Высокочастотные датчики обладают высокой разрешающей способностью, но низкой глубиной сканирования, низкочастотные, напротив, имеют ниже разрешающую способность, но большую глубину сканирования. Сравнивая традиционные датчики и УЗИ аппараты в целом с новыми портативными приборами, следует отметить, что различие в качестве изображения незначительно. Разрешающая способность датчиков современных портативных УЗИ аппаратов не меньше традиционных, в аппарате собраны все компоненты УЗ системы и объединены в едином, миниатюрном, электронном чипе. Поэтому, данные устройства намного удобнее и практичнее, так как легко могут заменить громоздкие традиционные УЗИ-системы, содержащие минимум 3 датчика.

### **Выводы**

Таким образом, возможности УЗ методов диагностики достаточно широки, благодаря доступности и эффективности. Однако на вопрос - есть ли единственный и самый точный метод диагностики, которому могут отдать предпочтение в современном мире, следует ответить - нет.

Поскольку различные нарушения в человеческом организме должны и могут быть фиксированы только разными методами диагностики и окончательный диагноз можно поставить только на основании результатов совокупности исследований. Поэтому одни методы ни в коем случае не заменяют другие. Разумеется, с помощью современных технологий, предпочтение может быть отдано более удобным и практичным методам исследования, которые можно проводить не выходя из дома.

### **Литература/References**

1. Щупакова А.Н., Литвяков А.М. Клиническая ультразвуковая диагностика: Учебное пособие. Мн.: Книжный Дом, 2004. - 368с.
2. Викторов Н.В, Ультразвук и медицина/ URL: <https://www.medison.ru/si/art94.htm>

КУХАРЕНКО Л.В., ГОЛЬЦЕВА М.В., ГУЗЕЛЕВИЧ И.А.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ МОРФОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТИ ЛИМФОЦИТОВ ИНДУЦИРОВАННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА С ПОМОЩЬЮ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ**

*Кафедра медицинской и биологической физики*

*Белорусского государственного медицинского университета,*

*г. Минск*

KUKHARENKO L.V., GOLTSEVA M.V., GUZELEVICH I.A.

## **ATOMIC FORCE MICROSCOPY STUDY OF THE LYMPHOCYTES SURFACE MORPHOLOGY CHANGES INDUCED BY HYDROGEN PEROXIDE EXPOSURE**

*Department of medical & biological physics*

*Belarusian State Medical University, Minsk*

*Аннотация:* использование атомно-силовой микроскопии позволило проследить за изменениями цитоплазматической мембраны лимфоцитов после воздействия внешнего индуктора апоптоза - пероксида водорода.

*Ключевые слова:* атомно-силовая микроскопия, апоптоз, лимфоциты, пероксид водорода.

*Abstract:* the use of atomic-force microscopy made it possible to follow the cytoplasmic membrane changes of lymphocytes after exposure to an external inducer of apoptosis - hydrogen peroxide.

*Keywords:* atomic-force microscopy, apoptosis, lymphocytes, hydrogen peroxide.

Методы атомно-силовой микроскопии (АСМ) позволяют достигать уникальных научных результатов при изучении изменений морфологии поверхности клеток, происходящих под воздействием различных факторов [1,2]. Неразрушающий характер исследований, высокое пространственное разрешение и возможность проведения экспериментов в жидких средах делают метод АСМ особенно перспективным для изучения морфологии поверхности лимфоцитов до и после воздействия внешнего индуктора апоптоза - пероксида водорода [3,4]. Известно, что активные формы кислорода (АФК), и, в частности  $H_2O_2$ , как наиболее стабильной АФК могут инициировать внутриклеточные программы, приводящие к гибели клеток. В отличие от радикалов и ионов  $H_2O_2$  – это устойчивая в растворах молекула. Следует отметить, что из всех АФК только  $H_2O_2$  может реагировать с веществами не только радикальным, но и безрадикальным путем. Действие перекиси водорода на клетки во многом определяется типом клетки, местом приложения (мишенью) действия агента и концентрацией агента.

**Цель исследования:** использование метода АСМ в изучении морфологии поверхности лимфоцитов до и после воздействия внешнего индуктора апоптоза - пероксида водорода.

**Материалы и методы исследования.** Одна группа клеток была контрольной, другая подвергалась воздействию 0.1 mM раствора пероксида водорода. Изучение морфологии поверхности лимфоцитов до и после воздействия пероксида водорода осуществлялось с помощью АСМ Nanoscope (R) IIIa в режиме прерывистого контакта на воздухе с использованием стандартных кремниевых кантилеверов ( $k=29-57$  Н/м, Nanosensors GmbH). Слюда использовалась в качестве подложки для АСМ исследований лимфоцитов. Лимфоциты фиксировались в 2% растворе глутарового альдегида в течение 60 мин. Образцы промывали фосфатным буфером ( $\text{KH}_2\text{PO}_4/\text{Na}_2\text{HPO}_4$  с  $\text{pH}=7.4$ ) и затем клетки дегидратировали последовательно помещая подложки с лимфоцитами на 5 мин в водные растворы этанола разной концентрации и высушивали на воздухе.

**Результаты и их обсуждение.** Как показывает АСМ исследование, контрольные лимфоциты высокие с шероховатой гранулярной поверхностью. Размер клетки составляет 6 мкм в ширину и 3.5 мкм в высоту. Атомно-силовая микроскопия позволила визуализировать существенные различия в поверхностной морфологии клеток до и после воздействия пероксида водорода. Для апоптической клетки характерно наличие специфических морфологических признаков. Клетка обычно уменьшается в размерах в результате дегидратации и соответственно конденсации цитоплазмы. Апоптоз характеризуется конденсацией хроматина и внутриклеточных органелл. Ядерные фрагменты вместе с содержимым цитоплазмы, включая органеллы, окружаются фрагментами плазматической мембраны. С помощью АСМ обнаружено сморщивание клетки и её фрагментация после воздействия пероксида водорода. На полученных АСМ-изображениях видно, что после воздействия пероксида

водорода лимфоциты становятся более плоскими и уменьшаются в размере. Высота клеток после воздействия составляла 0.8 – 1.2 мкм. На поверхности лимфоцитов видны локальные выпячивания цито-плазматической мембраны. Можно предположить, что под ними находятся остатки фрагментированного ядра. С помощью АСМ так же визуализировано формирование апоптических телец. При уменьшении окна сканирования до 2 мкм хорошо видна гранулярная структура поверхности цито-плазматической мембраны. Размер гранул составляет от 20 до 80 нм. Нарушений целостности цитоплазматической мембраны не наблюдается. По визуализированным изменениям цитоплазматической мембраны клеток после воздействия пероксида водорода можно предположить, что их гибель обусловлена апоптозом.

**Выводы.** Метод АСМ позволил получить как морфологию поверхности лимфоцитов в целом, так и детальные изображения отдельных фрагментов сканируемой цитоплазматической мембраны с высоким пространственным разрешением до и после воздействия внешнего индуктора апоптоза, а, следовательно, дал возможность проследить за изменениями функционального состояния клеток после воздействия пероксида водорода.

### **Литература / References**

1. Ozkan, A.D. Atomic force microscopy for the investigation of molecular and cellular behavior / A.D. Ozkan, A.E. Topal, A.Dana, M.O. Guler, A.B. Tekinay // *Micron*. 2016. – №89. – P. 60–76.
2. Dufrêne, Y.F. Imaging modes of atomic force microscopy for application in molecular and cell biology / Y.F. Dufrêne, T. Ando, R. Garcia, D. Alsteens, D. Martinez-Martin, A. Engel, Ch. Gerber and D. J. Müller. // *Nature nanotechnology*. 2017. –V.12. – P. 295-305.
3. Li, J. Applications of atomic force microscopy in immunology/ / J. Li, Yu. Liu, Yi. Yuan, B. Huang. // *Front. Med*. 2021. –V.15. – №1. – P. 43-52.

4. Jin, H. Apoptosis Induction of K562 Cells by Lymphocytes: An AFM Study / H. Jin, H. Zhao, L. Liu, J. Jiang, X. Wang, Sh. Ma, J. Cai. // Scanning. 2013. –V.35. – P. 7-11.

КЫЗЫЛ-ООЛ Д.А., САЛТАНОВА Е.В.

### **ЗНАЧЕНИЕ МАТЕМАТИКИ В МЕДИЦИНЕ**

*Кафедра медицинской, биологической физики и высшей математики  
Кемеровского государственного медицинского университета, г. Кемерово*

KYZYL-OOL D.A., SALTANOVA E.V.

### **THE IMPORTANCE OF MATHEMATICS IN MEDICINE**

*Department of medical & biological physics  
Kemerovo State Medical University, Kemerovo*

*Аннотация:* На современном этапе развития медицины значительная роль отведена математике и методам математической статистики. В медицине с помощью методов математического анализа, математического моделирования и математической статистики описывают процессы, происходящие в организме человека, разрабатывают новые методы диагностики и лечения, что помогает установить более точный диагноз и разрабатывать новые методы лечения.

*Ключевые слова:* медицина, математика, математическая статистика.

*Abstract:* Mathematics and the methods of mathematical statistics play an important role at the present stage of medical development. In medicine by means of methods of the mathematical analysis, mathematical modelling and mathematical statistics describe processes occurring in a human body, develop new methods of diagnostics and treatments which helps to establish more exact diagnosis and develop new methods of treatment.

*Keywords:* medicine, mathematics, mathematical statistics

Внедрение математики в сферу здравоохранения происходит стремительными темпами, об этом говорят внедренные новые методы и различные технологии диагностики и лечения, в основе которых лежат методы математического анализа и математической статистики. Использование математики в области медицины укрепляется за счет непрерывного развития научно-технического прогресса и усиления всеобщей информатизации.

**Цель исследования:** изучение взаимосвязи математики и медицины.

**Методы исследования:** изучение литературы, интернет-ресурсов, анализ информации.

В настоящее время медицина не может существовать без сложной современной техники, для которой необходимы знания основ математики. Врач использует математику для расчёта в зависимости от веса больного правильной дозировки лекарственных средств; концентрации раствора и лекарственного вещества перед инъекцией. Без математики невозможно чтение электрокардиограммы и электроэнцефалограммы. Без знания основ математики нельзя быть специалистом в компьютерной технике, использовать возможности компьютерной томографии.

Огромную роль математика играет в педиатрии. Новорожденные не умеют говорить и, поэтому их состояние здоровья, определяют на основе методов математической статистики, также педиатры используют для сравнения частных случаев средние показатели, а это есть такие математические понятия как среднее арифметическое, мода и медиана.

Терапевты работают с математическими формулами, статистическими данными, с пропорциями. Действия терапевтов координируют процесс лечения больного, составляют прогноз улучшения или ухудшения состояния пациента.

В вирусологии учитываются такие показатели как геометрическая прогрессия, статистика, теории вероятности. Очень важно знать как быстро размножаются те или иные вирусы, уметь прогнозировать возможные эпидемии.

Широкое применение в медицине нашли математические модели и методы, они способствуют возникновению современных более эффективных способов диагностики и лечения, направленных на повышение качества оказания медицинской помощи. Методы математического моделирования применяют, когда многие объекты (например, экологические) исследовать непосредственно или практически невозможно, или данный этап исследования требует значительных временных и финансовых затрат. Созданы и используют в практической модели течения крови при локальном сужении крупного и мелкого сосуда, модели большого круга кровообращения. Математическое моделирование эпидемий является средством получения опережающей информации о скорости распространения инфекций и прогнозирования масштабов эпидемий. Например, к настоящему времени разработаны несколько типов математических моделей для прогнозирования заболеваемости населения вирусным гепатитом, гриппом, малярией. Сегодня активно разрабатываются модели текущей пандемии, вызванной распространением коронавируса SARS-CoV-2 для прогнозирования скорости ее распространения и методов борьбы с ней.

Еще одним весомым доказательством содействия математики и медицины является — математическая статистика — то есть исследование демографических показателей, которые напрямую связаны с медицинскими аспектами. С помощью статистики можно делать выводы: о росте или снижении количества заболевших, на основе статистических данных принимаются решения о закрытии какого - либо заведения на карантин,

статистика помогает грамотно отслеживать ситуацию, на основе статистики можно предпринять дальнейшие правильные методы действия.

В середине 19 века положено начало развитию «доказательной медицины» и сформулированы ее основные принципы. Суть доказательной медицины – установить причину болезни и устранить ее. Согласно принципам доказательной медицины, врач обязан критически подходить к решению возникающих перед ним проблем и самостоятельно принимать решения. Обоснованность принимаемых решений оценивается с помощью статистических методов. Математическая статистика использует понятия дифференциального и интегрального исчисления, с основами которых знакомятся студенты на 1 курсе медицинского вуза. В экспериментальных работах по медицине статистическая обработка данных заключается в определении среднего арифметического, стандартной ошибки средней арифметической, дисперсии, критериев существенности различий.

В медицинских научных исследованиях возникает задача сравнительной оценки и проверки различных процессов: эффективности лечения, продолжительности болезни и восстановительного периода, тяжести заболевания; сравнение методик диагностики и лечения, процессов, характеристик препаратов и медицинской техники, мер профилактики заболеваний. решение таких задач основано на применении статистических критериев. Каждый из критериев имеет свои преимущества и недостатки, а также ограничения в возможности применения. Многообразие критериев позволяет получить результат исследования с высокой степенью надежности. Однако, особое внимание необходимо уделить этапу анализа полученных результатов, правильному истолкованию того объема информации, который получен в результате работы исследователя.

### **Вывод**

Математика и медицина тесно взаимосвязаны. Любые достижения и открытия в медицинской науке опираются на численные результаты и

соотношения, это и математический анализ и математическая статистика. Медицина математики не состоится как наука.

### **Литература / References**

1. Магомедов А.М., Щербакова И.В. Использование статистических методов в медицинских исследованиях/ А.М. Магомедов, И.В. Щербакова //Бюллетень медицинских Интернет-конференций. 2014. – Том 4. № 11.– С. 1270-1271.

2. Медик В.А., Токмачев М.С. Математическая статистика в медицине: учеб. пособие/ В.А. Медик, М.С. Токмачев. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 800 с.

3. Применение математических моделей в клинической практике / О.Е. Карякина, Л.К. Добродеева, Н.А. Мартынова и др. //Экология человека. 2012. – №7. – С. 55-64.

4. Сологубова Т.И., Кондратьева Е.И. Место и роль математики в медицине/Т.И. Сологубова, Кондратьева // Бюллетень науки и практики. 2017 – №11. – С. 201-204.

**ЛЕПЕШКИНА Д. А, ЧУПРАСОВА Е. Д**

### **ТЕРМОГРАФИЯ В МЕДИЦИНЕ**

*Кафедра медицинской, биологической физики и высшей математики  
Кемеровского государственного медицинского университета, г. Кемерово*  
научный руководитель: к.ф.-м.н., доцент Головкин О.В.

**LEPESHKINA.D.A, CHUPRASOVA.E.D**

### **THERMOGRAPHY IN MEDICINE**

*Department of medical, biological physics and higher mathematics  
Kemerovo State Medical University, Kemerovo*  
supervisor: Ph. D, Associate Professor Golovko O.V.

*Аннотация:* в работе рассмотрено применение термографии в онкологии, достоинства и недостатки данного метода диагностики в медицине.

*Ключевые слова:* медицинская термография, онкология, диагностика.

*Abstract:* The paper discusses the use of thermography in oncology, the advantages and disadvantages of this diagnostic method in medicine.

*Key words:* medical thermography, oncology, diagnostics.

**Цель исследования:** рассмотрение возможностей и перспектив медицинской термографии в диагностике.

В 1965 г. - Канадский ученый Роберт Лоусон впервые опубликовал информацию об опыте применения инфракрасных приборов «Берд» и «Рекси» для диагностики заболеваний. Автор же впервые зарегистрировал повышение температуры на участке кожи в области проекции злокачественного образования молочной железы [1].

**Материалы и методы исследования.** Медицинская термография - это метод обследования пациентов с помощью прибора - тепловизора, позволяющего улавливать инфракрасное излучение и преобразовывать его в изображение - термограмму, которая регистрирует распределение тепла на поверхности тела. В настоящее время наиболее совершенным видом регистрации температурных показателей тела человека является метод инфракрасной термографии (ИКТ), основанный на законах Стефана-Больцмана и Вина. С помощью этого метода можно определить различные формы воспалительных процессов, активный рост новообразований, варикоз вен, травмы, ушибы, переломы. Является точным исследованием, на основании которого можно поставить верный диагноз и определить локализацию того или иного процесса.

**Результаты и их обсуждение.** Самой изученной и широко применяемой областью в медицинской термографии является ранняя

диагностика рака молочных желез [2]. Исследования проводились в Институте медицинской радиологии им. С.П. Григорьева НАМНУ (г. Харьков, Украина) и в Харьковском областном клиническом онкологическом центре. Были выделены два основных направления исследования: диагностика и контроль динамики заболевания и эффективности лечения. Основным методом медицинской термографии диагностический заключается в выделении участка, где наблюдается нарушение тепловой симметрии. Диагностика метода термографии подтверждалась и традиционными методами постановки диагнозов пациентам. Следующий метод медицинской термографии - контроль динамики заболевания и эффективность лечения. Он заключается в наблюдении за изменениями в ранее выделенных участках с нарушением тепловой симметрии. Данные изменения обусловлены развитием заболевания и реакцией организма на лечение. При этом методе использовалась относительная шкала температур, которая зависела от локализации наблюдаемого участка. Метод медицинской термографии в клинической онкологии является наиболее эффективным для контроля динамики заболеваний и эффективности лечения (для контроля уровней локальных токсических реакций).

В 2018 г. в России был зарегистрирован патент на использование медицинской термографии кожных заболеваний [3]. Изобретение предназначено для диагностики, проведения бесконтактной инфракрасной термографии кожи. Так как тепловизор считывает температуру кожного покрова, а она зависит от основного переносчика тепла в организме человека - крови. И система терморегуляции является частью поддержания постоянства внутренней среды человека, то нарушение этой системы ведет к изменению температуры тела. Гипер- и гипотермия являются признаками патологических процессов. Частная причина гипертермии - воспалительный процесс. Одним из главных преимуществ медицинской термографии

является визуализация термоваскулярной характеристики кожи. Которая позволяет определить самые ранние признаки болезни на 8-10 лет раньше, чем какой-либо другой метод диагностики.

К достоинствам использования термографии в медицине отнесем безопасность при беременности и для маленьких детей, так как не несет лучевой нагрузки; возможность длительного и непрерывного наблюдения за одним пациентом или несколькими пациентами сразу; позволяет проводить безопасное и бесконтактное обследование пациента; простота работы и надежность; метод идеально подходит для контроля динамики заболеваний и эффективности лечения. К недостаткам можно отнести дороговизну оборудования; неспецифичность метода (необходимо дополнительное обследование); причина гипердиагностики (сложно отличить особенность организма от истинного развития патологического процесса).

**Выводы.** Но не смотря на минусы, термография имеет широкий спектр применения в медицине не только в онкологии, но и акушерстве и гинекологии, неонатологии и перинатальной диагностика, оториноларингологии, травматологии и ортопедии, стоматологии, диагностике патологий сосудов, фундаментальной фармакологии, трансплантологии, в оценке качества реабилитации.

### **Литература / References**

1. Применение инфракрасной термография в современной медицине (обзор литературы) / И.С. Кожевникова, М.Н. Панков, А.В. Грибанов и др. // Экология человека. – 2017. - №2. – С. 39-46.

2. Ефимова, Г.С. Опыт использования термографии в клинической онкологии / Г.С. Ефимова // Scientific Journal «ScienceRise». – 2015. - №3/4(8). – С.91-96.

3. Патент № 2667625 Российская федерация, МКП А61В5/01 А61В6/03 А61G10/02 Способ проведения бесконтактной инфракрасной

термографии кожи: 2017130542; заявл. 29.08.2017; опубл. 21.09.2018 / С.Э. Аветисов, Е.Э. Луцевич, И.А. Новиков и др. ; заявитель ФГБНУ НИИИГБ

ЛУКЪЯНИЦА В.В.

**ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ВОДОЙ  
МАГНИТНОГО ПОЛЯ И ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

*Кафедра медицинской и биологической физики  
Белорусского государственного медицинского университета,  
г. Минск, Республика Беларусь*

LUKYANITSA V.V.

**GENERAL PATTERNS OF INTERACTION OF MAGNETIC  
FIELD AND LASER RADIATION WITH WATER**

Department of Medical & Biological Physics  
Belarusian State Medical University,  
Minsk, Republic of Belarus

*Аннотация:* Проведен сравнительный анализ воздействия на воду переменным магнитным полем и лазерным излучением. Установлены общие черты и различия изменений оптической плотности воды.

*Ключевые слова:* вода, оптическая плотность, магнитное поле, лазерное излучение.

*Abstract:* A comparative analysis of the effects of alternating magnetic field and laser radiation on water is carried out. The common features and differences of changes in the optical density of water are established.

*Keywords:* water, optical density, magnetic field, laser radiation.

Актуальность темы исследования определяется тем, что массовая доля воды в теле человека составляет около 70%, а в составе крови, которая

является интегрирующей средой организма, -95%. В настоящее время этот факт стал более пристально рассматриваться при обсуждении вопросов физиотерапии [1,2]. При этом исходят из того, что вода может принимать участие в первичных механизмах воздействия физиотерапевтических факторов на организм человека. В работе [3] установлено, что наблюдаемые на эксперименте изменения оптической плотности воды ( $\Delta D$ ) связаны с ее структурными изменениями. Поэтому  $\Delta D$  могут использоваться в качестве «индикатора» структурных изменений воды, которые обуславливают первичные механизмы физиотерапевтического воздействия на организм человека [4]. По нашему мнению, такой первичный механизм может быть присущ различным видам электромагнитного воздействия.

**Цель исследования:** сравнить характер и степень изменений оптической плотности воды при воздействии на нее переменного магнитного поля (МП) и лазерного излучения (ЛИ).

**Материалы и методы исследования.** Предметом исследования была дистиллированная вода. Она помещалась в чашки Петри диаметром 30мм и обрабатывалась переменным (50Гц) магнитным полем ( $B=300\text{мТ}$ ) или лазерным излучением ( $\lambda=633\text{нм}$ ) мощностью 5мВт в течении различного времени. Затем измерялись и анализировались спектральные и временные зависимости  $\Delta D$ , представляющие собой разности оптических плотностей воды после  $D$  и до  $D_0$  ее обработки:  $\Delta D = D - D_0$ . Для измерений  $\Delta D$  в диапазоне длин волн  $\lambda = 315-900\text{нм}$  использовался цифровой фотометр РМ-2111 «Solar».

**Результаты и их обсуждение.** На рис.1 представлены зависимости  $\Delta D$  на различных длинах волн от времени обработки МП (рис.1а) и ЛИ (рис.1б). Видно, что в обоих случаях эти зависимости имеют немонотонный характер, который наиболее ярко выражен в случае ЛИ. Причем эти зависимости различаются между собой для различных длин волн, на которых проводились измерения оптической плотности воды.

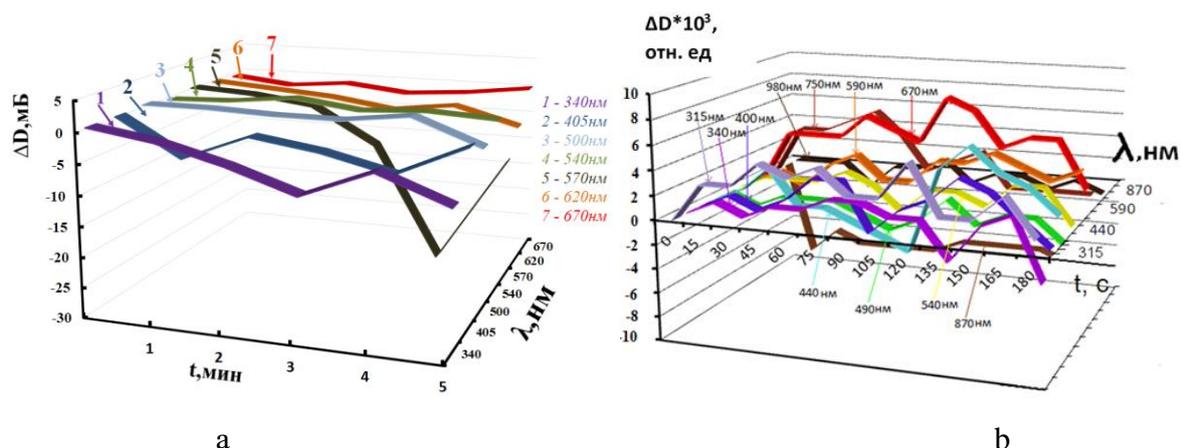


Рисунок 1.

Зависимость изменений оптической плотности воды от времени и длины волны для МП (а) и ЛИ (б).

Кроме того, в обоих случаях наблюдаются области изменений  $\Delta D$ , где величина  $\Delta D$  отрицательная. Последнее означает, что под действием, как МП, так и ЛИ в ряде случаев происходит «просветление» воды ( $D < D_0!$ ) за счет упорядочения ее структуры.

Дополнительные эксперименты по исследованию характерных переходов  $\Delta D$  в отрицательную область показали, что в отличие от МП высокоэнергетическое лазерное излучение гораздо быстрее (за 30с против 4мин.) вызывает переход  $\Delta D$  в область отрицательных значений. Кроме того, такие переходы наблюдаются на различных длинах волн в случаях воздействия МП или ЛИ. В то же время в обоих случаях величины  $\Delta D$  сопоставимы и не превышают 30мБ. Другими словами, процессы взаимодействия МП или ЛИ с водой имеют много общего, хотя имеются и некоторые различия.

Принимая во внимание наличие дипольных моментов у молекул воды, полученные результаты могут быть интерпретированы следующим образом. При магнитной или лазерной обработке воды в результате взаимодействия электромагнитных полей с этими дипольными моментами образуются крупномасштабные молекулярные кластеры, в которых

возможны последующие внутренние перестройки при дальнейшем увеличении времени обработки воды [5].

**Выводы.** Установлено подобие характеров изменений оптической плотности воды под действием магнитного поля или лазерного излучения: не монотонность таких изменений при увеличении времени воздействия, их сопоставимая величина и наличие переходов  $\Delta D$  в область отрицательных значений. На основании этого можно утверждать, что первичные механизмы воздействия МП и ЛИ на организм человека также подобны. При этом вода играет роли акцептора и «медиатора» при взаимодействии электромагнитных излучений с организмом человека.

#### **Литература / References**

1. В.С. Улащик. Элементы молекулярной физиотерапии. – Минск: Беларуская навука, 2014. -396с.
2. Магнитотерапия: Теоретические основы и практическое применение/ В.С. Улащик, А.С. Плетнев, Н.В. Войченко, С.В. Плетнев.- Минск: Беларуская навука, 2016.-379с.
3. В.Лукьяница. Эффекты воздействия на воду электромагнитных полей и излучений/ В.В. Лукьяница. – Riga: Lumbert Academic Publishing, 2019.-84с.
4. Лукьяница В.В. Первичный механизм воздействия при КВЧ-терапии/ В.В. Лукьяница// Медицинский журнал 2013, №1, С.94-99.
5. Лукьяница В.В. Квазихимические реакции молекул воды, стимулированные электромагнитными полями / В.В. Лукьяница / Материалы Международной научной конференции «Физико-химическая биология как основа современной медицины», 24 мая 2019 г. Минск, Беларусь. 2019. II часть. С. 28-30.

НАЧЕВА Л.В., НЕСТЕРОК Ю.А., СТЕПАНОВА М.Г.<sup>1</sup>

**ИЗУЧЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ФРИ-ТЕРАПИИ НА ГЕПАТОЦИТЫ  
СИРИЙСКИХ ХОМЯКОВ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ  
ОПИСТОРХОЗЕ**

*Кафедра биологии с основами генетики и паразитологии,  
Кемеровский государственный медицинский университет, г. Кемерово  
<sup>1</sup>кафедра медицинской биологии Донецкого национального медицинского  
университета им.М.Горького, г. Донецк, ДНР.*

NACHEVA L. V., NESTEROK Yu. A. STEPANOVA, M. G. <sup>1</sup>

**STUDY OF THE EFFECT OF FREE-THERAPY ON HEPATOCYTES  
OF SYRIAN HAMSTERS IN EXPERIMENTAL OPISTORCHOSIS**

*Department of Biology with the Basics of Genetics and Parasitology,  
Kemerovo State Medical University, Kemerovo  
<sup>1</sup>Department of Medical Biology of M. Gorky Donetsk National Medical  
University, Donetsk, DPR.*

*Аннотация:* Действие ФРИ-терапии показало положительную динамику восстановления клеток описторхозной печени, может быть рекомендован к применению в комплексе лечебных мероприятий при описторхозе.

*Ключевые слова:* ФРИ-терапия, эксперимент, описторхоз, клетки печени

*Abstract:* The effect of FREE therapy has shown a positive dynamics of the recovery of opisthorchiasis liver cells, can be recommended for use in a complex of therapeutic measures for opisthorchiasis.

*Keywords:* FREE -therapy, experiment, opisthorchiasis, liver cells

В настоящее время описаны основные биофизические и физиологические механизмы биологических эффектов низкоинтенсивных миллиметровых

волн [1]. Изучали влияния современных информационно-волновых технологий на жизнеспособность мариит *Opisthorchis felineus* [2]. ФРИ-терапия воздействует непосредственно на клетки и межклеточное вещество, усиливая процессы обмена и репарации и оказывает благотворное влияние на весь организм в целом описторхоз [3]. Была изучена патология печёночных клеток при описторхозе, так и экспериментальном после применение ФРИ-терапии [4-6].

**Цель исследования:** изучить воздействие морфометрические ФРИ-терапии на клетки печени сирийских хомяков при экспериментальном описторхозе для оценки эффективности не медикаментозного метода лечения.

**Материалы и методы исследования.** Экспериментальным материалом служили золотистые (сирийские) хомяки. Эксперимент проводился с применением ФРИ-терапии, которая использовалась для лечения экспериментальных животных с описторхозом. Сирийские хомяки были разделены на три группы: 1) хомяки, зараженные живыми метацеркариями *Opisthorchis felineus* и без лечения (группа А); 2) хомяки с экспериментальным описторхозом после ФРИ-терапии (группа Б). 3) хомяки контрольной группы (группа В). Материал от трех групп хомяков был набран при вскрытии экспериментальных животных, фиксирован и обработан по общепринятым гистологическим методам. Была сделана серия цифровых микрофотографий при увеличении 40x10, которые изучались с помощью программы ImageScope v11.0.2.725, предназначенной для морфометрических исследований. Измерялся поперечный и продольный размер гепатоцитов. Изучались 50 срезов по 30 полей зрения в световом микроскопе.

**Результаты и их обсуждение.** Цитологические и морфометрические исследования гепатоцитов показали, что клетки печени при экспериментальном описторхозе приобретали неправильную форму и были

гипертрофированы. Ядра гепатоцитов наблюдали кариорексис, кариопикноз, реже кариолизис. В норме гепатоциты имели геометрически правильную – чёткую полигональную форму, с хорошо окрашиваемой эозином цитоплазмой, и ядрами, в которых чётко контурирован хроматин, проявляющий базофилию. Морфометрический анализ размеров гепатоцитов при интактном описторхозе до и после использования ФРИ-терапии, позволил обнаружить динамику изменений их параметров. Морфологические особенности для гепатоцитов группы А выражались «баллонной дистрофией» и набуханием клеточной мембраны, за счёт чего клетки были увеличены в размерах. Ядра были в большинстве с кариопикнозом или кариолизисом. Микроморфология клеток печени после ФРИ-терапии была близка к норме, они восстанавливали свою геометрическую форму и уменьшались в размерах, ядро становилось светлым и зерна хроматина чётко контурировались. Размеры гепатоцитов при описторхозе до лечения (гр. А): продольный размер увеличен в 1,61 раз, а их поперечный размер – в 1,91 раз, сравнительно с контрольной группой (гр. В). После ФРИ-терапии продольный размер клеток печени (гр. Б), был увеличен в 1,1 раз, поперечный размер – в 1,07 раз относительно контрольной группы. В то же время в сравнении гр. Б с гр. В мы наблюдали следующие размеры гепатоцитов: продольный размер клеток уменьшился в 1,46 раз, поперечный размер – в 1,79 раз. Изменения размеров в сторону уменьшения между группой В и группой Б составляют разницу: 0,15 и 0,12 соответственно. Если сравнить разницу увеличенных размеров гепатоцитов между гр. А и гр. Б по сравнению с контрольной группой, то она равна: 0,6 и 0,84 соответственно. И разница размеров между их увеличением и уменьшением составляет 0,45 и 0,72.

**Выводы.** Действия ФРИ-терапии на гепатоциты сирийских хомяков с описторхозом способствуют восстановлению размеров и формы клеток по сравнению их с контрольной группой, что свидетельствует о

положительной динамике воздействия ФРИ-терапии на клетки описторхозной печени и может служить рекомендацией к её применению в комплексе лечебных мероприятий при описторхозе.

### **Литература / References**

1. Бецкий, О.В. Основные биофизические и физиологические механизмы биологических эффектов низкоинтенсивных миллиметровых волн / О.В. Бецкий, Н.Н. Лебедева //Миллиметровые волны в медицине и биологии: Докл. XIII Росс. симп. с междунар. участием – М.: ИРЭ РАН, 2003. – С. 134-137.

2. Поддубная, О.А. Изучение влияния современных информационно-волновых технологий на жизнеспособность паразитов кошачей двуустки *Opisthorchis felinus* (Rivolta, 1884). / О.А. Поддубная, Г.П. Островерхова М.Г. Патюкова //Вестник Томского государственного университета /Томский государственный ун-т. – Томск, 2003. – С.165-166.

3. Поддубная О.А., Эффективность КВЧ-терапии фоновым резонансным излучением в комплексной хронореабилитации больных хроническим холециститом в сочетании с хроническим описторхозом / О.А. Поддубная, Е.Ф. Левицкий, А.М. Кожемякин// Сибирский медицинский журнал. – Томск. - 2009. – Т.24, №3. – вып.2. – С. 49-53.

4. Начева, Л.В. Морфологические изменения печени и желчевыводящих протоков золотистых хомяков при экспериментальном описторхозе / Л.В. Начева, Н. О. Беззаботнов, Ю.А. Нестерок, А.В. Литягина. // Вестник Бурятского Государственного университета. Биология. География, Улан-Удэ, 2013. – вып.4. – С.170-174.

5. Начева, Л.В. Патоморфология печени, поджелудочной железы и двенадцатиперстной кишки золотистых хомяков при экспериментальном описторхозе / Л.В. Начева, Н.О. Беззаботнов, А.М. Кожемякин // Российский паразитологический журнал / – 2012. – №1, – С.78-81.

б. Начева, Л.В. Современные технологии КВЧ-терапии описторхоза в эксперименте / Л.В. Начева, Н.О. Беззаботнов, А.М. Кожемякин // Материалы XV Юбилейной Всероссийской научно-практической конференции «Многопрофильная больница: проблемы и решения», г.Ленинск-Кузнецкий, 8-9 сентября, 2011 г. – С.322.

**РОМАНОВА А. А.**

**ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРОВ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ОНКОЛОГИИ КОЖИ**

*Кафедра медицинской, биологической физики и высшей математики  
Кемеровского государственного медицинского университета г. Кемерово*

Научный руководитель - к.ф.-м.н. Головки О. В.

**ROMANOVA A. A.**

**THE USE OF LASERS IN THE TREATMENT OF SKIN CANCER**

*Department of medical, biological physics and higher mathematics*

*Kemerovo State Medical University, Kemerovo*

Supervisor: Ph. D. Professor Golovko O.V.

*Аннотация:* в работе рассматривается применение фотодинамического метода лечения рака кожи, которые значительно снижают темпы роста опухоли и активность метастазирования.

*Ключевые слова:* фотодинамический метод, онкология, лазер.

*Abstract:* The paper discusses the application of the photodynamic method for the treatment of skin cancer, which significantly reduces the rate of tumor growth and the activity of metastasis.

*Keywords:* photodynamic method, oncology, laser.

**Цель исследования:** изучить фотодинамический метод воздействия на опухоль, темпы её развития и активность метастазирования, возможные побочные действия лечения.

**Материалы и методы исследования.** В работе использовался системный подход, основанный на изучение научной литературы по теме.

**Результаты и их обсуждение.** Изучение лазерных методов лечения онкологии, их эффективности было начато в РОНЦ РАМН в начале 80-х годов, вследствие чего была доказана довольно высокая эффективность их применения при лечебной эндоскопии у больных предопухолевыми заболеваниями. Одним из наиболее поражающих факторов при хронических воспалительных заболеваниях является дисплазия, лазерное излучение способно предотвратить прогрессирование заболеваний, а также способствует обратному развитию структурных изменений в тканях, то есть, возвращению их к нормальному физиологическому состоянию, восстановлению их функций [1].

Злокачественные новообразования кожи являются одной из самых актуальных проблем современной медицины, в течение последних 30 лет наблюдается активный рост количества больных, имеющих онкологические заболевания кожи. Самым распространённым является базальноклеточная карцинома (базалиома), произрастающая из клеток эпидермиса (кератиноцитов), опухоль отличается медленными темпами роста и развития, низкой активностью метастазирования, является полузлокачественной, характеризуется инфильтративным ростом, из-за чего способна поражать нижележащие ткани.

В лечении базалиомы часто используется фотодинамическая лазерная терапия (ФДТ). Суть метода ФДТ заключается в следующем: в опухоль или на её поверхность (инъекция, либо мазь) помещается фотосенсибилизатор, увеличивающий восприимчивость клеток организма человека к воздействию света определённой длины волны, клетки, поражённые

базальноклеточной карциномой накапливают фотосенсибилизатор гораздо более интенсивно, чем здоровые клетки организма, далее поражённые клетки подвергаются действию лазерного луча, в результате которого возникает химическая реакция, приводящая к гибели этих клеток [2].

Применение ФДТ требует тщательного исследования перед проведением терапии, поскольку базалиому агрессивного гистологического типа нельзя удалять лазерным методом ввиду увеличения риска рецидива [3].

После прохождения лечения базалиомы методом ФДТ безрецидивный период у 94% пациентов составляет в среднем 2 года.

Применение при базалиоме лечения методом ФДТ имеет множество противопоказаний, таких как: базалиома агрессивного гистологического типа, индивидуальная непереносимость компонентов фотосенсибилизатора, фотодерматоз, период беременности и лактации, возраст младше 18 лет.

Количество возможных побочных эффектов и осложнений гораздо меньше методом ФДТ, чем при лечении хирургическим методом: отёчность, покраснение, аллергическая реакция на компоненты препарата. В то время, как при лечении хирургическим методом: нагноение, воспаление, кровотечение, отторжение наложенного кожного лоскута, расхождение швов, развитие рубца, болезненность. Помимо этого, внешние дефекты после удаления базалиомы методом ФДТ значительно менее заметны, чем при удалении хирургическим методом. Так же, при лечении методом ФДТ практически не нарушается целостность кожных покровов [4].

**Выводы.** Лазерные методы лечения онкологических заболеваний кожи оставляют значительно меньше возможных косметических дефектов после проведения лечения, но имеют множество противопоказаний, так же, стоимость такого лечения будет значительно выше стоимости хирургического лечения ввиду стоимости самого оборудования для

проведения фотодинамической лазерной терапии. После проведения фотодинамической лазерной терапии снижается вероятность рецидива, так же, возможные осложнения возникают крайне редко, их очень мало по сравнению со стандартным хирургическим методом лечения.

### **Литература / References**

1. Трошин, И.С. Оценка эффективности фотодинамической терапии злокачественных новообразований кожи в сравнении с хирургическим и лучевым методами терапии / И.С. Трошин, Д.Н. Пономарев, Н.С. Суслов // В сб.: Наука и современное общество: актуальные вопросы, достижения и инновации. Сборник статей III Международной научно-практической конференции. В 2-х частях. – Пенза. - 2020. - С. 172-177.

2. Бейнусов, Д.С. Как правильно выбрать метод лечения базалиомы / Бейнусов, Д.С. // Текст : электронный. - URL: <https://beinusov.ru/info/kak-pravilno-vybrat-metod-lecheniya-bazaliomy/> (Дата обращения: 25.10.2021).

3. Горных, Е. П. Некоторые возможности применения САВР-лазера в медицине / Е. П. Горных ; науч. рук. М. В. Тригуб // Современные техника и технологии : сборник трудов XX международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 14-18 апреля 2014 г. : в 3 т. — Томск : Изд-во ТПУ. - 2014. — Т. 1. — С. 307-308.

4. Филимоненко, Е.В. Фотодинамическая терапия в лечении онкологических заболеваний различной локализации / Е.В. Филоненко, Л.Г. Серова, А.Н. Урлова // В сб.: Актуальные проблемы лазерной медицины. – СПб, 2016. – С.96-101.

СЕРЫХ Т.А., БАДРЕТДИНОВА В.Т.

## **ВЫСВОБОЖДЕНИЕ L-АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ ИЗ СИНТЕТИЧЕСКОГО ГИДРОКСИАПАТИТА**

*Научно-образовательный центр Инфохимии*

*Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург*

Научный руководитель – к.х.н., доцент-исследователь Уласевич С.А.

SERYKH T.A., BADRETDINOVA V.T.

**RELEASE OF L-ASCORBIC ACID FROM SYNTHETIC  
HYDROXYAPATITE**

*Infochemistry scientific center*

*ITMO University, Saint-Petersburg*

Supervisor – Ph.D in Chemistry, Associate Professor Ulasevich S.A.

*Аннотация:* Были получены модельные системы на основе гидроксиапатита. Высвобождение L-аскорбиновой кислоты изучали методом УФ-видимой спектроскопии.

*Ключевые слова:* L-аскорбиновая кислота, гидроксиапатит, фосфаты кальция.

*Abstract:* Model systems based on hydroxyapatite were obtained. The release of L-ascorbic acid was studied by UV-visible spectroscopy.

*Keywords:* L-ascorbic acid, hydroxyapatite, calcium phosphate.

В настоящее время, гидроксиапатит (ГА) используется в качестве биоматериала для создания имплантатов, изготовления новых лекарственных средств и т.д. Материалы на основе фосфатов кальция изготавливаются в виде гелей, пленок и различных каркасов. Более того, биоматериалы на основе ГА могут использоваться как системы доставки лекарственных средств: для этого в биоматериал добавляют необходимое фармацевтическое соединение [1].

Такие органические матрицы являются более эффективными, чем обычные лекарственные формы, и позволяют контролировать высвобождение лекарственного средства. Преимуществами системы доставки является локальное достижение зараженного места, уменьшение

развития побочных эффектов, защита от деградации лекарственного препарата и способность преодолевать различные барьеры [4].

Известно, что витамин С не синтезируется организмом, поэтому необходимо употреблять продукты или лекарства, которые содержат аскорбиновую кислоту. Аскорбиновая кислота восстанавливает ткани организма, участвует в синтезе коллагена, поддерживает иммунную систему, оказывает положительное влияние на сердце и сосуды. Кроме того, она помогает организму сопротивляться различным вирусам и бактериальным инфекциям. При дефиците аскорбиновой кислоты может возникнуть цинга, анемия, дегенерация мышц и др [3].

В связи с тем, что аскорбиновая кислота быстро разлагается и теряет биологическую активность, необходим поиск лекарственных форм, которые способны локально высвободить аскорбиновую кислоту в течении определенного времени [4]. Была создана модельная система из ГА, в состав которой была включена L-аскорбиновая кислота.

**Цель исследования:** анализ высвобождения L-аскорбиновой кислоты из синтетического гидроксиапатита.

**Материалы и методы исследования.** ГА получали путем смешения 0,04% агара, 0,02 М гидрофосфата натрия и 1 М хлорида кальция. В модельную систему вводили L-аскорбиновую кислоту в различных концентрациях. Далее из полученного геля добывали порошок. Высвобождение L-аскорбиновой кислоты из ГА изучали методом УФ-видимой спектроскопии.

**Результаты и их обсуждение.** В ходе работы исследовали высвобождение L-аскорбиновой кислоты из полученного нами ранее синтетического ГА. Полученный порошок погружали в натрий-фосфатный буфер с рН=7,4. Высвободившееся вещество определяли методом УФ-видимой спектроскопии с измерением поглощения при 261 нм. Предварительно были построены калибровочные кривые. На рисунке 1

представлена зависимость концентрации высвободившегося вещества в концентрации 100 мкмоль от времени.

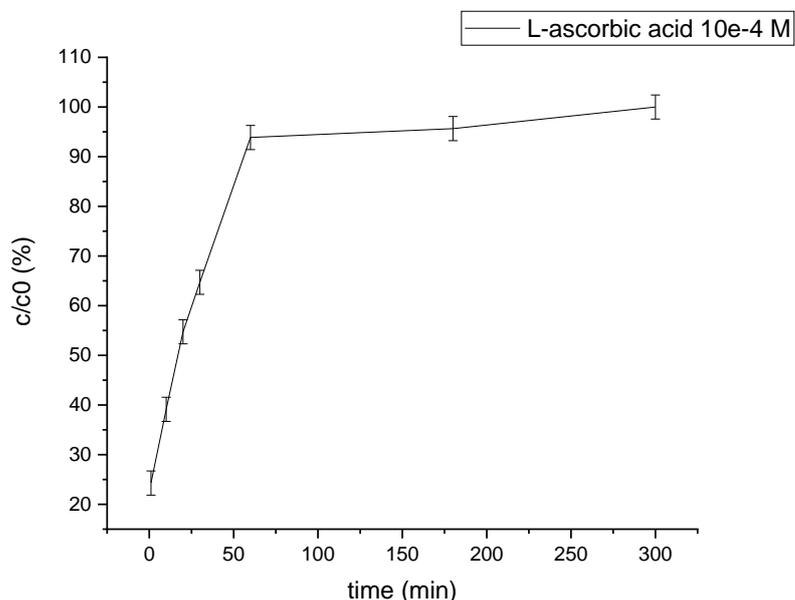


Рисунок 1.

Зависимость концентрации высвободившейся L-аскорбиновой кислоты от времени.

**Выводы.** В результате наблюдали высвобождение L-аскорбиновой кислоты из синтетического гидроксиапатита методом УФ-видимой спектроскопии. Было выявлено, что наибольшее высвобождение L-аскорбиновой кислоты наблюдали в течении первого часа. После часа концентрация высвободившегося вещества примерно равна, график выходит на плато. Также можно сделать вывод, что биоматериал из синтетического гидроксиапатита может быть в дальнейшем использован для систем доставки лекарственных средств.

#### Литература / References

1. Kaczmarek, B., Sionkowska, A., & Markiewicz, E. L-ascorbic acid release from polymeric matrixes based on blends of chitosan, collagen and hyaluronic acid. *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, 640(1), 46–53, 2016.

2. Ilie A, Ghiuulica C, Andronescu E, Cucuruz A, Fikai A. New composite materials based on alginate and hydroxyapatite as potential carriers for ascorbic acid. *International Journal of Pharmaceutics*. 2016; 510:501-507.

3. E. Damasceno Junior, J. M. F. DE Almeida, I. N. Silva, M. S. B. Silva, N. S. Fernandes. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research* 2018; 10(4): 297-305

4. Gao X, Chen L, Xie J, Yin Y, Chang T, Duan Y, Jiang N. In vitro controlled release of vitamin C from Ca/Al layered double hydroxide drug delivery system. *Materials Science and Engineering C*. 2014; 39:56-60.

ТРУШЕЛЬ Н.А., МАНСУРОВ В.А., ЛЕЩЕНКО В.Г.

**ОСОБЕННОСТИ КРОВОТОКА В НЕКОТОРЫХ СОСУДАХ  
АРТЕРИЙ ВЕРХНЕЙ КОНЕЧНОСТИ**

*УО «Белорусский государственный медицинский университет», Минск,  
Республика Беларусь*

TRUSHEL N.A., MANSUROV V.A., LESHCHENKO V.G.

**FEATURES OF BLOOD FLOW IN DIFFERENT VARIANTS OF THE  
ARTERIES OF THE UPPER LIMB**

*EI «Belarusian State Medical University», Minsk, Republic of Belarus*

*Аннотация:* Посредством трехмерного численного математического моделирования кровотока, изучено изменение поля скоростей течения и давления, а также напряжение сдвига на стенке артерии сосудистой бифуркации на уровне подмышечной и плечевой артерии.

*Ключевые слова:* сосудистая бифуркация подмышечной и плечевой артерии, математическое моделирование кровотока.

*Abstract:* With 3-D numerical mathematical modeling of blood flow, the change in the field of flow velocities and pressure, as well as the shear stress on

the artery wall, depending on the variant of the structure of the vascular bifurcation at the axillary and brachial arteries has been studied.

*Keywords:* vascular bifurcation of the axillary and brachial arteries, mathematical modeling of blood flow.

В настоящее время интерес к анатомии магистральных артерий верхних конечностей обусловлен значительным увеличением количества лечебных и диагностических процедур. Установление параметров кровотока в артериях верхней конечности необходимо для понимания возрастных изменений стенки артерий, приводящих в дальнейшем к необратимым процессам.

Основной ветвью, идущей от подмышечной артерии, является подлопаточная артерия, так как в случае закупорки материнского сосуда, она становится ее главной коллатералью, обеспечивая кровью верхнюю конечность. От плечевой артерии, которая является продолжением подмышечной артерии, отходят ветви к мышцам плеча и плечевой кости, а также глубокая артерия плеча, верхняя и нижняя локтевые коллатеральные артерии, участвующие в окольном кровообращении, что особенно важно при затруднении кровотока в плечевой артерии ниже места их отхождения.

**Цель исследования:** посредством численного математического моделирования кровотока установить, как изменяется поле скоростей течения и давления, а также напряжение сдвига на стенке артерии в зависимости от варианта строения сосудистой бифуркации на уровне подмышечной и плечевой артерии.

**Материалы и методы исследования.** Для изготовления математических моделей изучаемых сосудов были использованы 3 области разветвления артерий верхней конечности (ответвление подлопаточной артерии от подмышечной, ответвление глубокой плечевой артерии от плечевой артерии, бифуркация плечевой артерий на лучевую и локтевую артерии) на 20 верхних конечностях от 10 тел умерших взрослых людей.

Рассматриваемые артерии заполнялись силиконом, после застывания которого стенка артерий удалялась. Затем измерялся диаметр сосудов, углы разветвления артерий, радиус кривизны кровеносных сосудов в местах соединения, форма материнского артериального ствола.

По полученным слепкам создавались численные геометрические 3D модели изучаемых сосудов. Методом конечных разностей вычислялось поле скоростей течения, давления и градиент скорости сдвига на стенке сосуда, а также вычислялось напряжение сдвига на стенке этих моделей артерий. Напряжение сдвига  $\tau_w$  является важной характеристикой как в физиологической, так и в патофизиологической биологии сосудов. Разные области артериальной стенки подвергаются механическим напряжениям, действующим со стороны потока крови. Последние состоят из давления и сдвигового напряжения у стенки  $\tau_w$ , это напряжение связано с вязкостью крови  $\eta$  и градиентом скорости течения возле стенки артерии  $\Delta u / \Delta r|_w$ ,  $\tau_w = \eta \cdot \Delta u / \Delta r|_w$  [1 – 3]

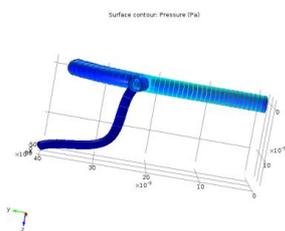


Рис. 1. Градиент скорости – цвет, давление – линии, подмышечной артерии на уровне ответвления подлопаточной артерии

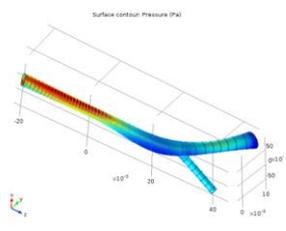


Рис. 2. Градиент скорости – цвет, давление – линии, плечевой артерии на уровне ответвления подлопаточной артерии

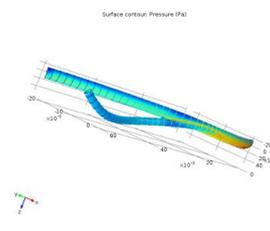


Рис. 3. Градиент скорости – цвет, давление – линии, плечевой артерии на уровне ее бифуркации

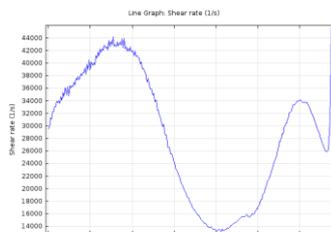
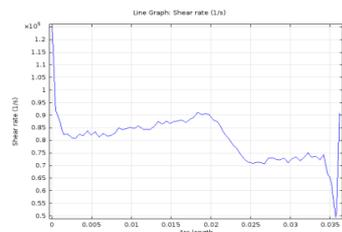


Рис. 4. Градиент скорости по линии противоположной бифуркации, подмышечная артерия  
Рис. 5. Градиент скорости по линии противоположной бифуркации, артерия  
Рис. 6. Градиент скорости по линии противоположной бифуркации, плечевая артерия

Среднее значение давления крови и линейную скорость кровотока в подмышечной и плечевой артериях определяли с помощью ультразвуковой доплерографии у 60 пациентов, не имеющих артериальную патологию. В качестве начальных условий для математического моделирования было принято, что объемная скорость течения на входе в данный сосудистый сегмент постоянная величина, находящаяся в диапазоне 10 – 30 мл/с, что соответствует результатам доплерографии, вязкость жидкости – 5 мПа·с и отсутствие скольжения на стенке сосуда. Давление на выходе артерии полагалась равным 1330 Па.

**Результаты и их обсуждение.** Результаты моделирования показаны на рисунках 1 – 6. При численном моделировании кровотока с использованием полученных моделей сосудистых разветвлений установлено, что наиболее значительных значений градиент скорости сдвига достигает на изгибах или перегибах сосудов и в местах разветвления сосудов. Так, напряжение сдвига на стенке находилось в диапазоне от 2 до 6 Па, наибольший перепад давления наблюдался в области бифуркации данных артерий.

**Выводы.** Наиболее значительных величин градиент скорости сдвига и перепада давления достигает на изгибах или перегибах сосудов и в местах соединения сосудов, следовательно, в этих местах следует ожидать и наибольших значений напряжения сдвига [1]. Изменение механического поведения сосудистой стенки в областях нарушенного кровотока в сочетании с воздействием системных сосудистых факторов способствует хронической фибровоспалительной реакции на результирующее повреждение артерии. Этот ответ связан с обезвреживанием

атеропротекторных защит, поддерживаемых ламинарным кровотоком. Последствия этого динамического равновесия между изменениями, вызванными напряжением сдвига, и системными факторами риска не только способствуют развитию атеросклероза [3], но также влияют на эффективность тех терапевтических методов, которые используются для изменения прогрессирования заболевания и клинических исходов.

### **Литература / References**

1. К. Каро, Т. Педли, У. Сид. Механика кровообращения / пер с англ. под ред. С.А. Регирера. М: Мир, 1968. 607 с.
2. W.W. Nichols and M.F. O'Rourke. McDonald's / Blood Flow in Arteries: Theoretical, Experimental and Clinical Principles. Edward Arnold, London, 5th edition, 2005.
3. Resnick N, Fluid shear stress and the vascular endothelium: for better and for worse. / N. Resnick, H. Yahav, A. Shay-Salit, et al // Prog Biophys Mol Biol. 2003. – Vol. 81. P. - 177–199.

**ЧУЙКОВА С.Р.**

### **УЛЬТРАЗВУК И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В СТОМАТОЛОГИИ**

*Кафедра медицинской, биологической физики и высшей математики  
Кемеровского государственного медицинского университета, г. Кемерово*

Научный руководитель – ст. преподаватель Дадаева Г.Н.

**CHUIKOVA S.R.**

### **ULTRASOUND AND ITS APPLICATION IN DENTISTRY**

*Department of Medical, Biological Physics and Higher Mathematics of  
Kemerovo State Medical University, Kemerovo*

Scientific supervisor - senior lecturer Dadaeva G.N.

*Аннотация:* Давно известно, что ультразвуковое излучение можно сделать узконаправленным. Французский физик Поль Ланжевен впервые заметил повреждающее действие ультразвукового излучения на живые организмы. Результаты его наблюдений, а также сведения о том, что ультразвуковые волны могут проникать сквозь мягкие ткани человеческого организма, привели к тому, что с начала 1930-х гг. возник большой интерес к проблеме применения ультразвука в медицине.

*Ключевые слова:* ультразвук, физиотерапия, стоматология.

*Abstract:* It has long been known that ultrasonic radiation can be made narrowly focused. The French physicist Paul Langevin was the first to notice the damaging effect of ultrasonic radiation on living organisms. The results of his observations, as well as information that ultrasonic waves can penetrate through the soft tissues of the human body, led to the fact that since the beginning of the 1930s. great interest arose in the problem of the use of ultrasound in medicine.

*Key words:* ultrasound, physiotherapy, dentistry.

**Цель исследования:** рассмотреть действие ультразвука на организм человека в частности на органы полости рта.

**Материалы и методы исследования.** Проведен анализ литературных источников.

**Результаты и их обсуждение.** Ультразвук – это упругие колебания и волны с частотой выше 20 кГц. Распространение ультразвука подчиняется основным законам, общим для акустических волн любого частотного диапазона. К основным законам распространения относятся законы отражения и преломления звука на границах различных сред, дифракция звука и рассеяние звука при наличии препятствий и неоднородностей в среде. Ультразвук получают с помощью обратного пьезоэлектрического эффекта, заключающегося в деформациях некоторых кристаллов под действием приложенного к ним электрического поля [1].

В настоящее время лечение ультразвуковыми колебаниями получили очень большое распространение. Глубина проникновения ультразвука в ткани при ультразвуковой терапии составляет от 20 до 50 мм, при этом ультразвук оказывает механическое, тепловое, химическое и биологическое воздействие. Механический эффект обусловлен самой природой ультразвука и связан с переменным акустическим давлением во время сжатия и растяжения среды. Тепловой эффект действия ультразвука зависит от его интенсивности и длительности. Прохождение ультразвука в средах сопровождается их нагреванием вследствие превращения механической энергии в тепловую в результате поглощения ультразвука. Химическое воздействие заключается в том, что при распространении УЗ могут образовываться ионы и радикалы. Все возникшие реакционноспособные вещества могут вступать во взаимодействие с различными молекулами, то есть оказывать химическое действие на молекулярном уровне. Биологическое действие, то есть изменения, вызываемые в жизнедеятельности и структурах биологических объектов при воздействии на них ультразвука, определяется главным образом интенсивностью ультразвука и длительностью воздействия [2]. Ультразвук, применяемый в терапии, обладает выраженным обезболивающим, спазмолитическим, противовоспалительным, противоаллергическим и общетонизирующим действием.

В физиотерапии широко применяется метод фонофореза (ультрафонофореза, сонофореза) лекарственных средств, объединяющий действие двух агентов: физического фактора (т.е. ультразвука) и химического (лекарственного препарата), вводимого в организм с его помощью. Под действием ультразвука лекарственное средство проникает в эпидермис, откуда диффундирует в кровь и лимфу [2].

Ультразвук качественно изменил эндодонтическое лечение. Стоматологи начали активно применять магнитостриктивные и

пьезоэлектрические скейлеры. Стало проще обнаруживать скрытые каналы, инородные тела и конкременты, снимать зубные отложения, прогнозировать результат.

Ультразвуковые волны можно использовать при распломбировке каналов, для удаления конкрементов, для создания доступа к корневым каналам, для извлечения инородных тел и штифтов. Ультразвук улучшает процессы ирригации, эффективно очищая систему корневого канала. Ультразвук помогает находить скрытые устья корневых каналов и кальцификаты. Часто в возрасте после 50 лет устья корневых каналов делаются более узкими или совершенно облитерируются, тогда их обычным способом не обнаружить. В таких случаях используются ультразвуковые эндонасадки, позволяющие аккуратно очистить зуб от дентина и найти устья корневых каналов. Ультразвуковые волны должны разрушить цемент, чтобы штифт извлекался с меньшими усилиями. Применение ультразвуковых инструментов снижает риски перелома или перфорации зубных тканей. Эндодонтическое лечение без ультразвука может быть неэффективным, поскольку не удастся очистить корневые каналы от obturационного материала. Ультразвук позволяет сравнительно легко удалить анкерные, стекловолоконные штифты и цементы из корневого канала [3].

Конечная задача эндодонтического лечения — нейтрализовать микроорганизмы в корневом канале. Этой необычайно разветвленной и сложной системе недостаточно промывания растворами антисептиков при помощи шприца. К сожалению силы напора в этом случае недостаточно для попадания в боковые ответвления каналов и каналцы, где сохраняется патогенная флора.

Такие свойства ультразвука как кавитация (образование пузырьков с газом), тепловыделение, микро стриминг (циркуляция жидкости) позволяют ирригирующим растворам проникать внутрь дентина и каналцев, устраняя

возможные факторы инфицирования. Ультразвук применяют при повторном лечении каналов, заполненных obturационным материалом. Ультразвуковые эндонасадки позволяют удалить старую пломбу за одно посещение [4].

Сегодня ультразвуковая чистка зубов стала не только популярной стоматологической процедурой, а вошла в перечень необходимых гигиенических манипуляций. Данная процедура является одновременно гигиенической, лечебной, профилактической и эстетической [3].

**Выводы.** Ультразвук как метод диагностики и лечения нашел свое применение в медицине и, в частности, в стоматологии. Ультразвук - неотъемлемый инструмент в культуре современного эндодонтического лечения, целью которого является сохранение естественных зубов даже в самых сложных ситуациях.

#### **Литература / References**

1. Антонов, В. Ф. Физика и биофизика: учебник для студентов мед. вузов / В. Ф. Антонов, Е. К. Козлова, А. М. Черныш. [Электронный ресурс] - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. – URL – 468 с. : ЭБС «Консультант студента. Электронная библиотека медицинского вуза» [www.studmedlib.ru](http://www.studmedlib.ru)
2. Боголюбов, В. М. Общая физиотерапия. / В. М. Боголюбов, Г. Н. Пономаренко – М.; СПб.: СЛП, 1996. – 292 с.
3. Улащик, В. С. Ультразвуковая терапия. / В. С. Улащик, А. А. Чиркин. – Минск: Беларусь, 1983. – 254 с.
4. Ушаков, А. А. Руководство по практической физиотерапии. / А. А. Ушаков – М.: ТОО «АНМИ», 1996. – 128 с.

ШМАКОВ Е.И., ВЕРШИНИН М.И.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ  
УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ**

## **НЕРВОВ**

*Кафедра неврологии, нейрохирургии, медицинской генетики и медицинской реабилитации*

*Кемеровского государственного медицинского университета г. Кемерово*

Научный руководитель – к.м.н., доцент Федосеева И.Ф.

SHMAKOV E.I., VERSHININ M.I.

### **PHYSICAL BASIS AND DIAGNOSTIC VALUE OF ULTRASOUND EXAMINATION OF PERIPHERAL NERVES**

*Department of neurology, neurosurgery, medical genetics and medical rehabilitation*

*Kemerovo State Medical University, Kemerovo*

Supervisor: MD, PhD, Associate Professor Fedoseeva I.F.

*Аннотация:* Ультразвуковое исследование (УЗИ) основано на получении изображений органов с помощью отраженного от внутренних структур ультразвукового излучения и используется для диагностики патологии периферических нервов.

*Ключевые слова:* ультразвук, диагностика, периферические нервы

*Abstract:* Ultrasound is based on obtaining images of organs using ultrasound echoes reflected from internal structures and is used to diagnose damage to peripheral nerves.

*Keywords:* ultrasound, diagnostics, peripheral nerves

**Цель исследования:** изучить физические основы ультразвукового исследования и его применение в диагностике неврологической патологии.

**Материалы и методы исследования.** Для реализации цели исследования применяли анализ научной литературы и обобщение полученных данных.

**Результаты и их обсуждение.** Ультразвуковая диагностика (УЗИ) – широко распространенный метод лучевой диагностики, основанный на получении изображения внутренних органов с помощью ультразвуковых волн. Ультразвуковые волны распространяются в биологических средах со скоростью 1540 м/с. При падении ультразвуковой волны на границу раздела двух сред с различной акустической плотностью часть волны отражается от препятствия, а часть проходит в следующую среду. УЗИ основано на получении изображений тонких срезов внутренних органов с помощью отраженного от внутренних структур эха ультразвукового излучения. Датчик, генерирующий ультразвук, состоит из комбинации пьезоэлектрических кристаллов и работает по принципу прямого и обратного пьезоэлектрического эффекта. Сущность прямого состоит в возникновении электрического потенциала на гранях кристалла при внешнем механическом воздействии, обратного – воздействием переменного напряжения и следующим за этим возникновением направленных колебаний (ультразвука). Датчик работает последовательно как излучатель и приемник ультразвуковых волн. Электрические сигналы, вызванные воздействием отраженного ультразвука на кристалл датчика, записываются, анализируются и отображаются визуально на экране прибора, создавая изображения исследуемых структур. Прохождение ультразвука через ткани зависит от плотности и эластичности ткани, обуславливающих т.н. акустическое сопротивление, и чем оно больше, тем больше отражение ультразвука. Очень большое различие тканей в акустическом сопротивлении приводит к полному отражению ультразвука. Для улучшения проникновения сигнала в ткани организма на датчик наносят специальный гель [1].

Ультразвуковое исследование применяется для диагностики заболеваний периферической нервной системы. В процессе сканирования нервного ствола оценивают его анатомическую целостность, структуру,

четкость контуров и состояние окружающих тканей. В поперечной проекции он выглядит как овальное или округлое образование с четким гиперэхогенным контуром и внутренней гетерогенной упорядоченной структурой [2, 3]. В продольной проекции нерв имеет вид линейной структуры с четким эхогенным контуром, в составе которой правильно чередуются гипо- и гиперэхогенные полосы. [4].

Ультразвуковая диагностика повреждения периферических нервов основывается на визуализации дистального и проксимального концов нерва с отчетливо выявляемым диастазом между ними. Травматические невротомы могут образовываться на дистальных концах разорванных нервов. Структура невротомы гипоэхогенна и однородна; образование имеет четкие контуры и лишено сосудов. При частичном разрыве нерва может сформироваться внутривольная неврома. Образование визуализируется в нервном стволе, имеет ультразвуковые характеристики полного разрыва ствола. При контузии нерва ультразвуковые признаки выявляют непосредственно в месте повреждения - изменяется внутренняя структура нервного ствола: утрачивается дифференцировка на отдельные волокна, нерв становится гипоэхогенным, утолщенным, с нечетким контуром. В месте ущемления нервного ствола между костными фрагментами или металлоконструкциями отмечают истончение нерва непосредственно в месте поражения и утрату упорядоченной эхоструктуры. При формировании туннельных синдромов (карпального, кубитального, тарзального) периферические нервы конечностей могут подвергаться сдавлению в естественных фиброзных каналах, при расположении в толще мышечной ткани и в случае прилегания к кости. К основным ультразвуковым признакам этой патологии относят: уплощение нерва в месте компрессии, утолщение его выше этой зоны, утрату внутренней дифференцировки нерва на отдельные пучки, отек окружающих мягких тканей и гиперваскуляризацию. Объемные образования периферических

нервов (Шванномы и нейрофибромы) выявляются как гипоэхогенные образования овальной или веретенообразной формы, ориентированные по длинной оси нерва и дающие эффект дорсального усиления. Контур образования четкие, ровные. В структуре опухоли при ультразвуковом исследовании могут определяться неоднородность и жидкостные включения. Размеры образований колеблются от 2 до 5 см [4].

**Выводы.** УЗИ - неинвазивный, доступный и современный метод, имеющий большое значение в клинической практике, диагностике патологии периферических нервов. В процессе исследования специалист может оценить форму, размеры, целостность, структуру нервного ствола на протяжении, а также состояние окружающих тканей.

#### **Литература / References**

1. Терновая, С. К. Лучевая диагностика и терапия. Общая лучевая диагностика / Терновой С. К. и др. - Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 232 с.
2. Еськин Н.А., Голубев В.Г., Богдасhevский Д.Р. и др. Эхография нервов, сухожилий и связок // SonoAce International. 2005. Вып. 13. С. 82-94.
3. Миронов С.П., Еськин Н.А., Голубев В.Г. и др. Ультразвуковая диагностика патологии сухожилий и нервов конечностей // Вестник травматологии и ортопедии. 2004. №3. С. 3-4.
4. Ультразвуковое исследование периферической нервной системы / Н.А. Еськин, Н.Ю. Матвеева, С.Г. Приписнова. // SonoAce International. – 2008, №18 – С. 65-75

**РАЗДЕЛ 3.**  
**БИОФИЗИКА СЛОЖНЫХ СИСТЕМ**

ГРЫНЦЕВИЧ Р.Г.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КРОВОТОКА В  
ОБЛАСТИ БИФУРКАЦИИ ПЛЕЧЕВОЙ АРТЕРИИ У ВЗРОСЛОГО  
ЧЕЛОВЕКА**

*Кафедра нормальной анатомии,  
кафедра медицинской и биологической физики  
Белорусского государственного медицинского университета, г. Минск*

Научные руководители – д.м.н., профессор Трушель Н.А.,  
к.т.н., доцент Мансуров В.А.

GRYNCEVICH R.G.

**MATHEMATICAL MODELING OF BLOOD FLOW  
IN THE BIFURCATION OF THE BRACHIAL ARTERY IN AN ADULT**  
*Department of Normal Anatomy, Department of Medical and Biological Physics*

*Belarusian State Medical University, Minsk*

Supervisors: Doctor of Medicine, Professor Trushel N.A.,  
Ph. D, Associate Professor Mansurov V.A.

*Аннотация:* выявлены особенности кровотока в области бифуркации плечевой артерии на локтевую и лучевую артерии в зависимости от соматотипа у взрослого человека.

*Ключевые слова:* плечевая артерия, бифуркация, модель кровотока.

*Abstract:* the features of the blood flow in the bifurcation of brachial artery to radial and ulnar arteries depending on human constitution in an adult were revealed.

*Keywords:* brachial artery, bifurcation, blood flow model.

В настоящее время для изучения гемодинамики в сосудах системного и органного кровотока применяют его математическое моделирование [1,2].

В литературе особое внимание уделяется выяснению роли механических факторов, которые связаны с гемодинамикой и способствуют развитию атеросклероза сосудов. К таким факторам можно отнести: низкое значение касательного напряжения в потоке крови, высокое эффективное напряжение на сосудистой стенке, высокие циклические деформации, высокие значения скорости [1-4]. По данным современных литературных источников, в зонах, где значение касательного напряжения низкое (область латеральных углов бифуркации материнского сосуда), наблюдается активная адгезия компонентов крови (чаще липидов) к эндотелиальной оболочке сосуда, что можно считать ранней стадией формирования атеросклеротических бляшек [5,6]. В области разделения потока крови, которой соответствует апикальный угол бифуркации, касательное напряжение стенки принимает высокие значения, что способствует атерогенезу с развитием последующего осложнения в виде аневризмы.

**Цель исследования:** выявить оптимальный угол бифуркации плечевой артерии на локтевую и лучевую артерии в зависимости от соматотипа человека, при котором риск развития атеросклероза минимален.

**Материалы и методы исследования.** Материалом для исследования послужили 20 верхних конечностей из архива кафедры нормальной анатомии УО «БГМУ». Методы исследования: морфометрический (измеряли угол бифуркации плечевой артерии на локтевую и лучевую артерию и диаметры указанных артерий), соматометрический (измеряли длину окружности запястья – индекс Соловьёва и определяли соматотип человека – астеник, нормостеник и гиперстеник), математическое моделирование кровотока с помощью компьютерных программ. Полученные данные обработаны статистически с использованием Microsoft Excel 2013.

**Результаты и их обсуждение.** Математические расчеты проводились с помощью специализированного программного комплекса, который

способен решать системы нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных методом конечных элементов в двух измерениях. Результатом расчётов является поле скоростей течения и распределения давления. В построении модели наличие интимальных атеросклеротических утолщений не учитывалось. Морфометрически найдены: средние значения диаметра плечевой (мужчины – 6,49 мм, женщины – 4,29 мм), лучевой (мужчины – 3,02 мм, женщины – 2,53 мм), локтевой (от диаметра плечевой артерии вычли диаметр лучевой артерии), длина сосудов; угол бифуркации плечевой артерии в зависимости от соматотипа (астеники - 33°, нормостеники - 59°, гиперстеники - 94°).

Максимальное воздействие потока крови наблюдается на стенку апикального угла (угол бифуркации). Здесь давление крови максимальное, потому что кровь движется по плечевой артерии, затем разделяется на два равных потока пропорционально диаметру локтевой и лучевой артерий, что может способствовать ее выпячиванию и возникновению аневризмы. Наибольшая скорость сдвига наблюдается в области латеральных углов. При этом оптимальным углом бифуркации плечевой артерии, при котором развитие атеросклероза минимально, является угол 33°. Также необходимо учитывать диаметр материнского и дочернего сосудов. Так, у женщин с углом бифуркации 33° и меньшим диаметром сосудов, риск повреждения эндотелия сосуда в области латерального угла  $\varphi_2$  в 2 раза выше, чем у мужчин с таким же углом бифуркации, но большим диаметром сосуда.

**Выводы.** В результате исследования установлено, что оптимальным углом бифуркации плечевой артерии на локтевую и лучевую артерии, при котором риск повреждения эндотелия сосудов области бифуркации, а следовательно, развитие атеросклероза и аневризмы минимален, является наиболее острый угол (в нашем случае 33°). Такой угол характерен для людей-астеников. При этом скорость сдвига на стенке латеральных углов и давление на апикальный угол будут минимальными. В зоне риска находятся

гиперстеники, особенно женщины, поскольку скорость сдвига будет зависеть как от угла бифуркации, так и от диаметра сосудов (у женщин диаметр сосудов как правило меньше, чем у мужчин). У мужчин при таком же угле деления плечевой артерии на локтевую и лучевую артерии, но с большим диаметром сосудов риск развития атеросклероза несколько ниже.

### **Литература/References**

1. Трушель, Н. А. Роль морфологического и гемодинамического фактора в атерогенезе сосудов виллизиева круга / Н. А. Трушель, П. Г. Пивченко. – Минск : БГМУ, 2013. – 180 с.

2. Реологические изменения крови и плазмы и дисфункция эндотелия у больных ишемической болезнью сердца и сахарным диабетом / 3. П. Шульман // Инженерно-физич. журн. – 2006. – Т. 79. – № 1. – С. 96-101.

3. Friedman, M. H. Effects of arterial compliance and non-newtonian rheology on correlations between intimal thickness and wall shear / M. H. Friedman // ASME J. Biomech. Engineering. – 1992. – Vol. 114. – P. 317-320.

4. Malek, A. M. Hemodynamics Shear Stress and Its Role in Atherosclerosis / A. M. Malek, S. L. Alper, S. Izumo // JAMA. – 1999. – Vol. 282. – № 21. – P. 2035-2042.

5. Thubrikar, M. J. Pressure-induced arterial wall stress and atherosclerosis / M. J. Thubrikar, F. Robicsek // Ann. Thorac. Surg. – 1995. – Vol. 59. – № 6. – P. 1594-1603.

6. Zu-rong, Ding Flow field and oscillatory shear stress in a tuning-fork-shaped model of the average human carotid bifurcation / Zu-rong Ding // J. Biomechanics. – 2001. – Vol. 34. – № 12. – P. 1555-1562.

СЕЛИВАНОВ Ф. О.

**БИОФИЗИКА ГОЛОВНОГО МОЗГА И МЫШЕЧНОГО  
СОКРАЩЕНИЯ ПРИ ИДЕМОТОРНЫХ ТРЕНИРОВКАХ**

*Кафедра физической культуры*

*Кемеровского государственного медицинского университета г. Кемерово*

Научный руководитель – старший преподаватель Николаев В. А.

F. O. SELIVANOV

**BIOPHYSICS OF THE BRAIN AND MUSCLE CONTRACTION  
DURING IDEMOTOR TRAINING**

*Department of Physical Education*

*Kemerovo State Medical University, Kemerovo*

Scientific adviser - senior lecturer Nikolaev V.A.

*Аннотация.* В данном исследовании рассматривается влияние идеомоторных тренировок на биофизические процессы головного мозга и мышц, механизм влияния ментальной стимуляции на силу мышечных сокращений.

*Ключевые слова.* Идеомоторная тренировка, мышечная сила, нейрореабилитация, биофизика мозга, биофизика мышечного сокращения.

*Abstract.* This study examines the effect of ideomotor training on the biophysical processes of the brain and muscles, the mechanism of influence of mental stimulation on the strength of muscle contractions.

*Keyword.* Ideomotor training, muscle strength, neurorehabilitation, brain biophysics, biophysics of muscle contraction.

Считается, что сила мышцы зависит от ее площади поперечного сечения, но также большую роль в усилении мышечного сокращения играет

изменение нервного импульса, который поступает к мышце. Воздействие на мышцы при идеомоторных тренировках, оказывающих влияние на нейронные связи, достигается без ее гипертрофии, что доказывает, что развитость путей проведения нервного импульса является важным фактором в развитии силы мышечного сокращения.

**Цель исследования:** определить механизмы воздействия идеомоторных тренировок на силу мышечных сокращений посредством влияния на биофизику головного мозга и мышечного сокращения.

**Материалы и методы исследования.** Для достижения поставленной цели использовались следующие методы: анализ научно-методической литературы, общенаучные методы исследования, выявление причинно-следственных связей.

**Результаты и их обсуждение.** Важной частью развития мышечной силы является не только их гипертрофия, но и нейрогенный механизм. Исследования показывают, что увеличение силы достигается в основном из-за нейронных адаптаций и изменений связей между структурами мозга и мышцами, благодаря которым повышается координация и точность выполнения движений. Например, происходит уменьшение активности мышц-антагонистов при напряжении мышц-агонистов [1].

Действие воображаемых упражнений объясняется центральной теорией. Она утверждает, что воображаемые действия приводят к активации нейронов структур ЦНС, ответственных за выполнение движений [2]. Подобные упражнения улучшают кортико-кортикальные связи, воздействие на которые и является основной причиной увеличения мышечной силы.

Существует 2 вида воображаемых тренировок: внутренние и внешние [1]. Внутренние являются образом сокращения мышцы и кинестетических ощущений при выполнении действия (от 1-го лица) [3]. Внешняя перспектива является проработкой действия без ощущений, возникающих

при его выполнении (от 3-го лица) [4]. Оба типа проходят по разным нейронным путям и оказывают эффект, схожий с выполнением воображаемого действия в реальной жизни. Допустим, внутренние действия оказывают большее влияние на премоторную кору и на дополнительную моторную область, в то время как первичная моторная кора активируется при внешних воображаемых упражнениях [5].

Идеомоторные тренировки могут быть эффективны при нейрореабилитации пациентов после перенесенных травм благодаря свойству нейропластичности [6]. Воображаемые упражнения можно применять при невозможности произвольных движений из-за болей или обширных повреждений. Положительный эффект достигается благодаря влиянию на супраспинальные структуры, в основном на кору головного мозга [1].

Возможность регистрации биоэлектрических потенциалов в мышцах доказывает эффективность идеомоторных тренировок. Ментальная стимуляция супраспинальных структур вызывает возникновение электрических потенциалов в мышцах [5]. Механизм повышения силы тесно связан с усилением активации мышечных моторных единиц [7]. Более того, результаты ЭМГ показывают, что при концентрических воображаемых сокращениях наблюдается наибольшая амплитуда колебаний потенциала мышцы, наименьшая во время эксцентрических движений, а средняя – при изометрическом сокращении [8].

**Выводы.** Данное исследование доказывает, что идеомоторные тренировки являются эффективным методом улучшения силы мышечных сокращений. Эффект достигается посредством усиления нейронных связей головного мозга с мышцами, что оказывает прямое влияние на их силу.

### **Литература/References**

1. Ranganathan V. K., Siemionow V., Liu J. Z., Sahgal V., Yue G. From mental power to muscle power- gaining strength by using the mind. *Neuropsychology* 2004; 42:994-956.
2. Mulder T. Motor imagery and action observation: cognitive tools for rehabilitation. *Journal of Neural Transmission* 2007; 114(10):1265-1278.
3. Mahoney M., Avener M. Psychology of the elite athlete: an exploratory study. *Cognitive Therapy and Research* 1977; 1:135-141.
4. Jeannerod M. The representing brain: Neural correlates of motor intention and imagery. *Behavioral and Brain Sciences* 1994; 17:187-245.
5. Guillot A., Collet C. Contribution from neurophysiological and psychological methods to the study of motor imagery. *Brain Research Reviews* 2005; 50(2):387-97.
6. Arya K.N., Pandian S., Verma R., Garg R.K. Movement therapy induced neural reorganization and motor recovery in stroke: a review. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* 2011; 15(4):528-537.
7. Brody E.B., Hartfield B.D., Spalding T.W., Frazer M.B., Caherty F.J. The effect of a psyching strategy on neuromuscular activation and force production in strength-trained men. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 2000; 71:162-170.
8. Guillot A., Lebon F., Rouffet D., Champely S., Doyon J., Collet C. Muscular responses during motor imagery as a function of muscle contraction types. *International Journal of Psychophysiology* 2007; 66:18-27.

ШКЛЯРОВА А.Н.<sup>1,2</sup>, СТАРОДУБЦЕВА М.Н.<sup>1,3</sup>, КОВАЛЕНКО Д.Л.<sup>2</sup>  
**ОЦЕНКА МОДУЛЯ УПРУГОСТИ КЛЕТОК РАКА МОЛОЧНОЙ  
ЖЕЛЕЗЫ ЛИНИИ BT-20 С ПОМОЩЬЮ РЕЖИМА PEAKFORCE  
QNM АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ**

<sup>1</sup>*Институт радиобиологии НАН Беларуси, Беларусь*

<sup>2</sup>*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, Беларусь*

<sup>3</sup>*Гомельский государственный медицинский университет, Беларусь*

Научный руководитель – к.ф.-м.н., Коваленко Д.Л.

SHKLIARAVA N.M.<sup>1,2</sup>, STARODUBTSEVA M.N.,<sup>1,3</sup>, KOVALENKO D.L.<sup>2</sup>  
**ASSESSMENT OF THE ELASTIC MODULUS OF BT-20 BREAST  
CELLS USING THE PEAKFORCE QNM MODE OF ATOMIC FORCE  
MICROSCOPY**

<sup>1</sup>*Institute of Radiobiology of the NAS of Belarus, Belarus*

<sup>2</sup>*Francisk Scorina Gomel State University, Belarus*

<sup>3</sup>*Gomel State Medical University, Belarus*

Supervisor – PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor D.L.

Kovalenko.

*Аннотация:* С помощью атомно-силовой микроскопии оценены параметры механических свойств модуль упругости клеток рака молочной железы линии BT-20: среднее значение модуля над ядерной областью - 63-207 кПа.

*Ключевые слова:* АСМ, модуль упругости, деформация, BT-20, PFQNM

*Abstract:* The elastic modulus of breast cancer cells of the BT-20 line was estimated using atomic force microscopy: the average modulus value over the nuclear region is 63-207kPa.

*Keywords:* AFM, modulus of elasticity, deformation, BT-20, PFQNM

**Цель исследования:** оценить механические параметры (модуль упругости и деформацию) поверхности клеток рака молочной железы линии BT-20 (тройного негативного рака) методом атомно-силовой микроскопии в режиме PeakForce QNM в жидкости.

**Материалы и методы исследования.** Клетки рака молочной железы линии BT20 культивировали в среде DMEM/F-12 с содержанием L-глутамин (SIGMA, США) с добавлением 10% фетальной бычьей сыворотки (FBS, Life Technologies, США), 10 mM HEPES (Life Technologies, США) и антибиотиков (100 ед/мл пенициллина, 0,25 мкг/мл сульфата стрептомицина). Клетки инкубировались при 37°C в инкубаторе с 5% CO<sub>2</sub>. Сканирование поверхности клеток проводили с помощью атомно-силового микроскопа Bruker BioScope зондом серии SCANASYST-FLUID с радиусом закругления острия АСМ-зонда - 20 нм и константой жёсткости - 0,7 Н/м при 37°C.

Сканирование проводилось в режиме PeakForce QNM, который использует синусоидальную модуляцию основания кантилевера относительно поверхности образца. Более высокая скорость нарастания QNM PeakForce позволяет получать более подробные карты свойств материалов за меньшее время. PeakForce QNM контролирует нормальную силу взаимодействия наконечника с образцом, определяя пиковую силу каждого нажатия и передавая информацию в обратную связь цикл, который выполняется непрерывно. Этот контроль силы основан на результатах предыдущих нажатий и на том факте, что синусоидальная форма волны приводит к тому, что скорость наконечника приближается к нулю по мере приближения наконечника к пику, что обеспечивает сверхнизкую силу взаимодействия пиковая сила может достигать десяти пН [1]. Калибровку зондов проводили перед сканированием образцов клеток контактным методом в соответствии с протоколом производителя микроскопа в

несколько этапов [2]. Размер сканирования - 100 мкм × 100 мкм, скорость сканирования - 0,5 Гц и частота сканирования - 1 кГц.

**Результаты и их обсуждение.** Атомно-силовая микроскопия (АСМ) позволяет оценивать структурные и механические свойства биологических клеток. Режим PeakForce QNM [3] используют для построения карт распределения различных параметров механических свойств (адгезия, жёсткость и др.) поверхности с нанометровым разрешением. Механические свойства поверхности являются ключевыми свойствами раковой клетки в процессах взаимодействия клетки с другими клетками и межклеточным матриксом. На рисунке представлена карта распределения пиковой силы PeakForce, позволяющая рассмотреть детали структуры живых клеток ВТ-20 (Рисунок 1).

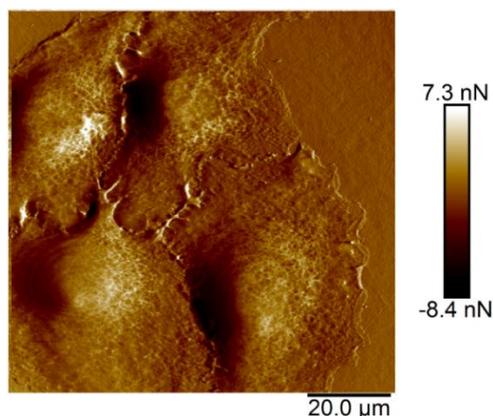


Рисунок 1.

Карта пиковой силы (Peak Force) образца клеток линии ВТ-20

В таблице представлены результаты оценки модуля упругости и величины деформации для поверхности 10 клеток из популяции клеток ВТ-20. Анализ параметров выполнен с помощью данных карт модуля упругости и деформации, на которых были выбраны отрезки длиной 1 мкм, которые позволяют сделать срез профиля и импортировать полученные данные в XZ Data. Данные были проверены на нормальность распределения критериями: Андерсон-Дарлинг (для МУ  $p=0.92$ , для деформации  $p=0.05$ ), Шапиро-Уилка (для МУ  $p=0.93$ , для деформации  $p=0.05$ ), Колмогорова-Смирнова

(для МУ  $p=0.81$ , для деформации  $p=0,01$ ). Следовательно, результат статистической оценки параметров в таблице представлен в виде медианы (нижний кв/верхний кв). Полученные величины указывают, что клетки линии ВТ-20 являются относительно жёсткими в сравнении с жёсткостью раковых клеток других линий, имеющих в литературных источниках [4].

Таблица.

Параметры механических свойств (деформация и модуль упругости) поверхности 10 клеток линии ВТ-20

	1	2	3	4	5
<b>Модуль упругости,кПа</b>	146 (130;182,5)	140 (132;140)	138 (122;154)	206,5 (139,2;216,8)	70,90 (63,15;79,95)
<b>Деформация, нм</b>	125,5 (121;128,8)	116 (114,5;122,5)	124 (124;127)	132,5 (122,5;137,5)	118 (114;125,2)
	6	7	8	9	10
<b>Модуль упругости,кПа</b>	63,1 (59,9;178,6)	294 (269;301)	176 (223,8;416)	350,5 (223,8;416)	127 (117;140,2)
<b>Деформация, нм</b>	136 (134,5;141,5)	144,5 (138,8;147,2)	140 (126;143)	142 (134;144)	104,50 (80,05;113)

**Выводы.** При изучении механических свойств поверхности клеток рака молочной железы, тройного негативного рака, линии ВТ-20 с помощью режима картирования наномеханических свойств PeakForce QNM атомно-силовой микроскопии в физиологических условиях установлено, что раковые клетки в культуре характеризуются средним модулем упругости в широком диапазоне от 63 до 207 кПа, связанным с неоднородностью свойств различных клеток в популяции.

### **Литература/References**

1. Pittenger B., Erina N., Su C., Quantitative Mechanical Properties Mapping at the Nanoscale with PeakForce QNM // Bruker Application Note.2012.–No 128

2. Starodubtseva M.N., Nadyrov E.A., Shkliarava N.M., [et al.] Heterogeneity of nanomechanical properties of the human umbilical vein endothelial cell surface. //Microvasc Res. 2021. –Vol.136. - P.104168. Datar R., Kim S., Jeon S.

3. Hesketh P. Cantilever Sensors: Nanomechanical Tools for Diagnostics // MRS Bulletin.2009.– Vol.34,No6.–P. 449-454.

4. Quan F.S., Kim K.S., Medical applications of the intrinsic mechanical properties of single cells // Acta Biochim Biophys Sin.2016.–Vol.48.–P.865-871

**РАЗДЕЛ 4.**  
**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ. НАНОМАТЕРИАЛЫ И КОМПОЗИТЫ**

БАСАЛАЕВ А.Ю.

**ИЗУЧЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ СВОЙСТВ Mg-СОДЕРЖАЩИХ  
КРИСТАЛЛОВ СО СТРУКТУРОЙ ХАЛЬКОПИРИТА**

*Кафедра химической технологии углеродных материалов Российского  
химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева, г. Москва*

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор Басалаев Ю.М.

BASALAEV A.Yu.

**STUDY OF THE THERMAL PROPERTIES OF Mg-CONTAINING  
CRYSTALS WITH A CHALCOPYRITE STRUCTURE**

*Department of Chemical Technology of Carbon Materials Russian University of  
Chemical Technology named after D.I. Mendeleev, Moscow*

Supervisor: Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor

Yu.M. Basalaev

*Аннотация:* Вычислены коэффициенты теплового расширения, энтальпия, теплопроводность и температура плавления кристаллов Mg-IV-V<sub>2</sub>.

*Ключевые слова:* теплопроводность, тепловое расширение, энтальпия

*Abstract:* The coefficients of thermal expansion, enthalpy, thermal conductivity and melting point of Mg-IV-V<sub>2</sub> crystals are calculated.

*Keywords:* thermal conductivity, thermal expansion, enthalpy

Тройные Mg-содержащие соединения со структурой халькопирита можно представить химической формулой Mg-IV-V<sub>2</sub>, где содержатся элементы IV (C, Si, Ge, Sn) и V (N, P, As, Sb) групп Периодической системы. Кристаллы Mg-IV-V<sub>2</sub> удобно распределить с помощью диаграммы [1,2], в которой закономерно меняются физические свойства, с увеличением атомного номера катионов IV (C, Si, Ge, Sn) или анионов V (N, P, As, Sb), в

соответствующих изоанионных и изокатионных рядах. Ближайшими изоэлектронными аналогами мало изученных кристаллов Mg-IV-V<sub>2</sub> являются хорошо изученные кристаллы Zn-IV-V<sub>2</sub> и Cd-IV-V<sub>2</sub>, для которых была разработана методика вычисления параметров, характеризующих их тепловые свойства, подробно изложенная в [2,3].

**Цель исследования:** изучение тепловых свойств Mg-содержащих соединений со структурой халькопирита с помощью методов теории ионного заряда.

**Материалы и методы исследования.** Для изучения были выбраны изоэлектронные соединения с общей химической формулой Mg-IV-V<sub>2</sub> (IV=C, Si, Ge, Sn; V=N, P, As, Sb) и структурой халькопирита. Поскольку все эти соединения, кроме MgSiP<sub>2</sub> являются гипотетическими, то необходимые для теоретического исследования параметры кристаллической структуры ( $a$ ,  $c$ ,  $\gamma=c/a$ ,  $u$ ) вычислялись по формулам и методике, приведенным в работах [5] и [1,2].

Согласно [2-4], зная только заряды ионов ( $Z_{Mg}$ ,  $Z_{IV}$ ,  $Z_V$ ) и радиусы атомов ( $r_{Mg}$ ,  $r_{IV}$ ,  $r_V$ ), образующих кристалл Mg-IV-V<sub>2</sub>, можно вычислить теплопроводность кристаллической решетки ( $\lambda$ ), температуру плавления ( $T_m$ ), энтальпию ( $\Delta H_f$ ) и коэффициент теплового расширения ( $\alpha_L$ ), соответствующего кристалла. Согласно теории ионных зарядов [2-4], исследуемые кристаллы можно представить в виде Mg<sup>+2</sup>IV<sup>+4</sup>V<sup>-3</sup><sub>2</sub>. Тогда произведение ионных зарядов  $Z=Z_1Z_2Z_3=48$  (где  $Z_1=+2$ ,  $Z_2=+4$  и  $Z_3=-6$ ). Среднее расстояние между ближайшими соседями  $d=(d_1+d_2)/2$  вычислялось по длинам связей между катионами и анионами:  $d_1=r_{Mg}+r_V$  и  $d_2=r_{IV}+r_V$ .

Вычисление параметров, характеризующих тепловые свойства кристаллов проводились по следующим формулам [2-4]:

$$\alpha_L = \frac{82}{Z^{0.22}d^2}, \quad T_m = \frac{235^4}{(\alpha_L+d^{2.5})^4} \frac{1}{Z}, \quad (1)$$

$$\lambda = \frac{(T_m)Z^{0.845}}{d^5}, \quad -\Delta H_f = 180\sqrt{\alpha_L/d}. \quad (2)$$

Здесь коэффициенты и показатели степени были получены в [3,4] на основе известных экспериментальных данных для большого числа кристаллов со структурой халькопирита, включая кристаллы Zn-IV-V<sub>2</sub> и Cd-IV-V<sub>2</sub>.

Все вычисления и обработка результатов для исследуемых нами кристаллов Mg-IV-V<sub>2</sub> выполнены с помощью программы EXCEL.

**Результаты и их обсуждение.** Найденные по формулам (1) и (2) теплопроводности кристаллической решетки ( $\lambda$ , мВт/(см·К)), температуры плавления ( $T_m$ , К), энтальпии ( $\Delta H_f$ , кДж/моль) и коэффициенты теплового расширения ( $\alpha_L$ , 10<sup>-6</sup> К<sup>-1</sup>) кристаллов Mg-IV-V<sub>2</sub> собраны в таблице 1 и позволяют проследить зависимости, характерные для изоанионных и изокатионных рядов.

Таблица

Параметры, характеризующие тепловые свойства кристаллов Mg-IV-V<sub>2</sub>

Соединение	$\alpha_L$	$T_m$	$\lambda$	$-\Delta H_f$	$d$ , Å
MgCN <sub>2</sub>	9,2	1433	1339	391	1,95
MgCP <sub>2</sub>	6,5	1349	517	299	2,33
MgCAs <sub>2</sub>	6,2	1284	443	290	2,38
MgCSb <sub>2</sub>	5,4	1029	251	261	2,55
MgSiN <sub>2</sub>	8,4	1498	1117	365	2,04
MgSiP <sub>2</sub>	6,0	1227	389	283	2,42
MgSiAs <sub>2</sub>	5,7	1152	330	274	2,47
MgSiSb <sub>2</sub>	5,0	890	183	248	2,64
MgGeN <sub>2</sub>	8,2	1506	1044	358	2,07
MgGeP <sub>2</sub>	5,8	1183	353	278	2,45
MgGeAs <sub>2</sub>	5,6	1106	298	269	2,50
MgGeSb <sub>2</sub>	4,9	846	164	244	2,67
MgSnN <sub>2</sub>	7,3	1483	785	330	2,19
MgSnP <sub>2</sub>	5,3	1005	239	259	2,57
MgSnAs <sub>2</sub>	5,1	928	200	252	2,62
MgSnSb <sub>2</sub>	4,5	684	108	229	2,79

Энтальпии образования всех кристаллов Mg-IV-V<sub>2</sub> являются отрицательными и находятся примерно в одном диапазоне от -391 (MgCN<sub>2</sub>) до -229 (MgSnSb<sub>2</sub>) кДж/моль, уменьшаясь в изокатионных и изоанионных рядах. Отрицательные значения  $\Delta H_f$  свидетельствуют о том, что синтез этих гипотетических соединений с физико-химической точки зрения реален и при необходимости может быть осуществлен.

Установлено, что среди Mg-IV-V<sub>2</sub> наиболее стабильными и тугоплавкими кристаллами, с высокой теплопроводностью и большими коэффициентами теплового расширения являются нитриды, исследование которых ведется достаточно интенсивно [6].

**Выводы.** Расчеты, основанные на теории ионных зарядов, опирающиеся на общеизвестные данные о кристаллической структуре, ионных зарядах и средних расстояниях между атомами, позволили получить необходимые сведения о тепловых свойствах гипотетических соединений Mg-IV-V<sub>2</sub> без проведения сложных и дорогостоящих экспериментов.

#### **Литература / References**

1. Басалаев, Ю.М. Электронное строение тройных алмазоподобных соединений со структурой халькопирита / Ю.М. Басалаев, А.С. Поплавной. – Кемерово: ИНТ, 2009. – 226 с.

2. Басалаев, Ю.М. Кристаллофизика и кристаллохимия: учебно-методическое пособие // Кемеровский государственный университет. – Кемерово, 2020. – 78 с.

3. Verma, A.S. Thermal properties of chalcopyrite semiconductors. / A.S. Verma // Philosophical Magazine. – 2009. – V.89, N2. – P.183-193.

4. Verma, A.S. Models for lattice thermal expansion and thermal conductivity for ternary (A<sup>N</sup>B<sup>2+N</sup>C<sub>2</sub><sup>7-N</sup>) tetrahedral semiconductors. / A.S. Verma, B.K. Sarkar, S. Sharma, R. Bhandari, V.K. Jindal // Materials Chemistry and Physics. – 2011. – V.127, N1. – P.74–78.

5. Jaffe, J.E. Theory of the band-gap anomaly in  $ABC_2$  chalcopyrite semiconductors / J.E. Jaffe, A. Zunger // Phys. Rev. B. 1984. – V.29, N4. – P.1882-1906.

6. Басалаев, Ю.М. Генезис энергетических зон из подрешеточных состояний в кристаллах  $MgSiN_2$  и  $MgGeN_2$  / Ю.М. Басалаев, П.В. Демушин // Журнал структурной химии. – 2010. – Т.51, №6. – С.1225-1229.

БАСАЛАЕВ А.Ю.<sup>1</sup>, БЕРЗИН Ю.В.<sup>2</sup>, ОВЧИННИКОВ Д.В.<sup>2</sup>

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ**

**ГИПОТЕТИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛОВ  $Mg-IV-V_2$**

<sup>1</sup>*Кафедра химической технологии углеродных материалов Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева, г. Москва*

<sup>2</sup>*Кафедра медицинской, биологической физики и высшей математики Кемеровского государственного медицинского университета, г. Кемерово*

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор Басалаев Ю.М.

BASALAEV A.Yu.<sup>1</sup>, BERZIN Yu.V.<sup>2</sup> OVCHINNIKOV D.V.<sup>2</sup>

**MODELING AND STUDYING THE PROPERTIES OF**

**HYPOTHETICAL  $Mg-IV-V_2$  CRYSTALS**

<sup>1</sup>*Department of Chemical Technology of Carbon Materials Russian University of Chemical Technology named after D.I. Mendeleev, Moscow*

<sup>2</sup>*Department of Medical, Biological Physics and Higher Mathematics Kemerovo State Medical University, Kemerovo*

Supervisor: Doctor of Physical and Mathematical Sciences,

Professor Yu.M. Basalaev

*Аннотация:* Изучены физические свойства кристаллов  $Mg-IV-V_2$  ( $IV=C, Si, Ge, Sn; V=N, P, As, Sb$ ), выявлены зависимости свойств от изменения химического состава в изокатионных и изоанионных рядах.

*Ключевые слова:* халькопирит, полупроводник, пниктиды

*Abstract:* The physical properties of Mg-IV-V<sub>2</sub> crystals (IV = C, Si, Ge, Sn; V = N, P, As, Sb) have been studied, and the dependences of the properties on changes in the chemical composition in isocationic and isoanionic series have been revealed.

*Keywords:* chalcopyrite, semiconductor, pnictides

Быстрое разложение на воздухе тройных соединений с химической формулой Mg-IV-V<sub>2</sub> делает невозможным их синтез и изучение в обычных лабораторных условиях. К настоящему времени у нас в стране и за рубежом был успешно синтезирован и исследован с помощью различных экспериментальных методов единственный кристалл MgSiP<sub>2</sub> [1, 2], который длительное время обладал самым большим тетрагональным сжатием среди известных соединений II-IV-V<sub>2</sub> и I-III-VI<sub>2</sub> семейства халькопирита.

Для изучения гипотетических кристаллов Mg-IV-V<sub>2</sub> имеются необходимые данные о реальном кристалле MgSiP<sub>2</sub> и множестве других соединений, которые являются изоструктурными и изоэлектронными аналогами, входящими в семейство II-IV-V<sub>2</sub> (где II= Be, Mg, Zn, Cd; IV=C, Si, Ge, Sn, Pb; V=N, P, As, Sb), чьи свойства хорошо изучены, как экспериментально, так и теоретически [1-9].

В работах [7-9] для группы кристаллов Zn-IV-V<sub>2</sub> и Cd-IV-V<sub>2</sub> с решеткой халькопирита получены феноменологические формулы и разработана методика вычисления параметров, характеризующих важные физические свойства тетрагональных соединений, основанная на зарядах и радиусах атомов, образующих кристалл.

**Цель исследования:** системное изучение физических свойств гипотетических кристаллов Mg-IV-V<sub>2</sub> со структурой халькопирита на основе феноменологического подхода и теории ионного заряда.

**Материалы и методы исследования.** Объектом изучения является группа изоэлектронных гипотетических соединений Mg-IV-V<sub>2</sub> (IV=C, Si,

Ge, Sn; V=N, P, As, Sb) со структурой халькопирита, содержащая единственный реальный кристалл  $MgSiP_2$ . Параметры кристаллической решетки ( $a, c$ ), тетрагональное сжатие ( $\gamma=c/a$ ) и координата ( $u$ ) анионов (V) вычислялись по формулам, полученным в работе [3] для идеальной структуры халькопирита, на основе ее геометрии и известных данных о радиусах атомов, образующих кристалл. На примере кристалла  $MgSiP_2$  получено хорошее согласие теории с экспериментом.

Согласно теории ионных зарядов [7-9], исследуемую группу кристаллов можно представить в виде  $Mg^{+2}IV^{+4}V^{-3}_2$ , а произведение ионных зарядов  $Z=Z_1Z_2Z_3=48$  вычислить с учетом, что  $Z_1=+2$ ,  $Z_2=+4$  и  $Z_3=-6$ . Средние расстояния между ближайшими взаимодействующими атомами  $d=(d_1+d_2)/2$  определяются через длины катион-анионных связей  $d_1=r_{Mg}+r_V$  и  $d_2=r_{IV}+r_V$ , где  $r_{Mg}$ ,  $r_{IV}$ ,  $r_V$  – значения соответствующих ионных радиусов.

Вычисление параметров, характеризующих отдельные физические свойства выполнено на основе соответствующих формул: оптических – из работы [7], механических – из [8], тепловых – из [9].

**Результаты, их обсуждение и выводы.** По формулам из работ [7-9] были вычислены наиболее важные характеристики кристаллов  $Mg-IV-V_2$ : ширина запрещенной зоны ( $E_g$ ), показатель преломления ( $n$ ), модули Юнга ( $E$ ), сжатия ( $B$ ) и сдвига ( $G$ ), коэффициент Пуассона ( $\nu$ ), микротвердость ( $H_m$ ), коэффициент теплового расширения ( $\alpha_L$ ) и температура плавления ( $T_m$ ). Рассмотрены следующие изокатионные и изоанионные ряды:  $MgBN_2 \rightarrow MgBP_2 \rightarrow MgBAs_2 \rightarrow MgBSb_2$ ,  $MgCX_2 \rightarrow MgSiX_2 \rightarrow MgGeX_2 \rightarrow MgSnX_2$ , где  $B=C, Si, Ge, Sn$  и  $X=N, P, As, Sb$ .

Установлено, что увеличение атомного номера катиона в изоанионном ряду и аниона в изокатионном ряду в целом приводит к уменьшению основных параметров, при этом замена аниона сильнее влияет на параметры, чем замена катионов. Все кристаллы  $Mg-IV-V_2$  являются механически устойчивыми и стабильными соединениями. Наиболее

прочными и тугоплавкими должны быть нитриды ( $Mg-IV-N_2$ ) и  $MgCP_2$ , значения микротвердости которых  $H_m > 10$  ГПа. Самый легкий – кристалл  $MgCN_2$ . Все кристаллы – полупроводники с  $E_g$  меньше 2 эВ. Применение феноменологических формул дает необходимую информацию о свойствах и возможности применения гипотетических соединений.

### **Литература / References**

1. Трикозко, Р. Получение и некоторые свойства нового тройного полупроводникового соединения типа  $MgSiP_2$  / Р. Трикозко, Н.А. Горюнова // Изв. АН СССР. Неорганические материалы. – 1968. – Т.4, №12. – С.2101-2105.
2. Spring Thorpe, A.J.  $MgSiP_2$ : a new member of the II-IV-V<sub>2</sub> semiconducting compounds / A.J. Spring Thorpe, J.G. Harrison // Nature. – 1969. – V.222, N5197. – P.977.
3. Jaffe, J.E. Theory of the band-gap anomaly in  $ABC_2$  chalcopyrite semiconductors / J.E. Jaffe, A. Zunger // Phys. Rev. B. 1984. – V.29, N4. – P.1882-1906.
4. Басалаев, Ю.М. Электронное строение тройных алмазоподобных соединений со структурой халькопирита / Ю.М. Басалаев, А.С. Поплавной. – Кемерово: ИНТ, 2009. – 226 с.
5. Басалаев, Ю.М. Генезис энергетических зон из подрешеточных состояний в кристаллах  $MgSiN_2$  и  $MgGeN_2$  / Ю.М. Басалаев, П.В. Демушин // Журнал структурной химии. – 2010. – Т.51, №6. – С.1225-1229.
6. Басалаев, Ю.М. Энергетическая зонная структура кристаллов  $Be-(C, Si, Ge, Sn)-N_2$  / Ю.М. Басалаев, Н.И. Гордиенок // Известия вузов. Физика. – 2017. – Т. 60, № 5. – С. 140-146.
7. Verma, A.S. Electronic and optical properties of zinc blende and complex crystal structured solids / A.S. Verma, S.R. Bhardwaj // Phys. Stat. Sol. (b). – 2006. – V.243, N15. – P.4025-4034.

8. Verma, A.S. Correlation between ionic charge and the mechanical properties of complex structured solids / A.S. Verma, S.R. Bhardwaj // J. Phys.: Condens. Matter. – 2007. – V.19, N.2. – P.026213.

9. Verma, A.S. Thermal properties of chalcopyrite semiconductors. / A.S. Verma // Philosophical Magazine. – 2009. – V.89, N2. – P.183-193.

БАСАЛАЕВ Ю.М.

**ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ  
АЛМАЗОПОДОБНЫХ ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ**

*Кафедра медицинской, биологической физики и высшей математики  
Кемеровского государственного медицинского университета, г. Кемерово*

BASALAEV Yu.M.

**PRINCIPLES OF CONSTRUCTING THE PERIODIC SYSTEM OF  
DIAMOND-LIKE CHEMICAL COMPOUNDS**

*Department of Medical, Biological Physics and Higher Mathematics Kemerovo  
State Medical University, Kemerovo*

*Аннотация:* Для изоэлектронных кристаллов со структурами алмаза, сфалерита и халькопирита разработана методика систематизации химических соединений, основанная на периодической системе элементов.

*Ключевые слова:* алмазоподобные соединения, рядовые зависимости.

*Abstract:* For isoelectronic crystals with the structures of diamond, sphalerite and chalcopyrite, a method has been developed for the systematization of chemical compounds based on the periodic table of elements.

*Keywords:* diamond-like compounds, ordinary dependencies.

Благодаря периодическому закону Д.И. Менделеева разрозненные знания о химических элементах превратились в стройную систему, что позволило ему предсказать существования ряда гипотетических элементов

и дало возможность ученым целенаправленно изучать химические вещества и их свойства.

Идея создания периодической системы химических соединений с требуемыми свойствами, а также разработка системы классификации элементарных, бинарных, тройных и более сложных тетраэдрических фаз, были частично реализованы Н.А. Горюновой в работах [1-5] и многочисленных публикациях, включая наши, например, [6-10].

**Цель исследования:** систематизация алмазоподобных соединений.

**Материалы и методы исследования.** Объектами исследования являются соединения со структурами алмаза  $A^4$  (C, Si, Ge, Sn, Pb), сфалерита  $A^N X^{8-N}$  ( $N=1, 2, 3, 4$ ), халькопирита  $ABX_2$  и антихалькопирита  $A_2XY$  (A, B – катионы, а X, Y – анионы).

Методологическую основу исследования составляют периодический закон, правило нормальной валентности и кристаллохимический подход, основанный на представлениях о химическом составе, геометрическом расположении ближайших атомов и типе связи между ними.

**Результаты и их обсуждение.** Применение кристаллохимических методов и системного анализа позволило выявить [6-8] основные закономерности в изоэлектронных рядах и взаимосвязи между алмазоподобными соединениями разного состава. Итогом систематизации этих кристаллов стала классификационная модель, представленная на рис. 1.

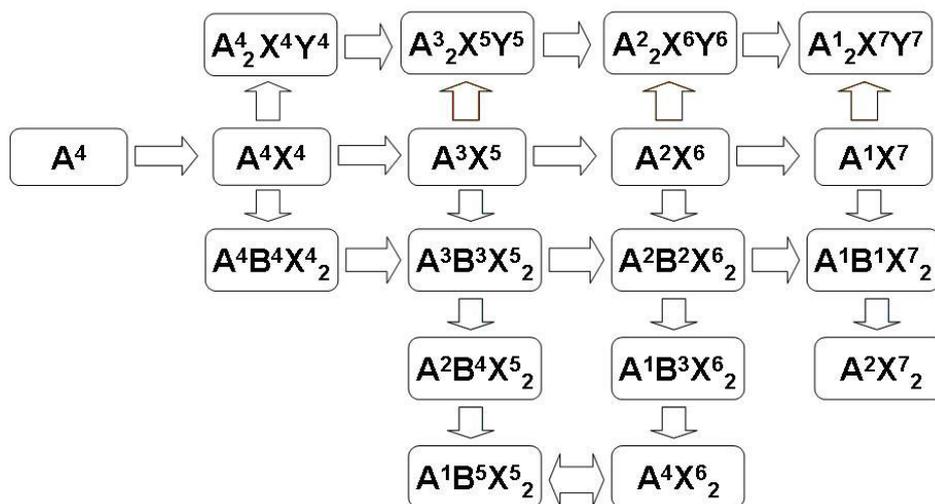


Рисунок 1.

Классификационная схема алмазоподобных соединений.

Принципы построения классификационной системы заключаются в следующих требованиях: во-первых, *подобие структуры*, что хорошо прослеживается на рис.2, для кристаллических ячеек алмаза, сфалерита и халькопирита; во-вторых, *изоэлектронное подобие*, которое заключается в аналогии числа валентных электронов, кратное 4, как для группы алмаза  $A_4$ ; в-третьих, *кратное удвоение химического состава*, обеспечивающее закономерные переходы между изоанионными группами;

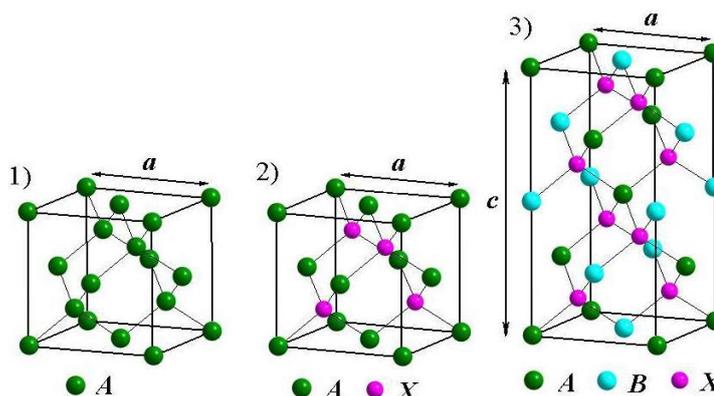


Рисунок 2.

Кристаллические ячейки:

1) алмаза, 2) сфалерита  $A_2X_4$  и 3) халькопирита  $ABX_2$ .

Основу схемы (рис.1) составляет ряд  $A^4 \rightarrow A^4X^4 \rightarrow A^3X^5 \rightarrow A^2X^6 \rightarrow A^1X^7$ , который отражает изменение химической связи и свойств, обусловленные

закономерным изменением химического состава. В бинарных соединениях  $A^4X^4$  химическая связь сохраняет обменный механизм образования, но становится ионно-ковалентной. В ряду  $A^3X^5 \rightarrow A^2X^6 \rightarrow A^1X^7$  реализуется донорно-акцепторный механизм образования катион-анионных связей, ковалентная составляющая химической связи уменьшается, а ионная растет.

**Выводы.** Ниже ряда  $A^4 \rightarrow A^4X^4 \rightarrow A^3X^5 \rightarrow A^2X^6 \rightarrow A^1X^7$  расположены группы двухкатионных, а выше – двуханионных соединений, в которых системно, как в периодической системе меняются химическая связь и свойства.

### **Литература / References**

1. Горюнова, Н.А. Химия алмазоподобных полупроводников. – Л.: Изд. ЛГУ, 1963. – 222 с.
2. Горюнова, Н.А. Сложные алмазоподобные полупроводники. – М.: Советское радио, 1968. – 276 с.
3. Горюнова, Н.А. Семейство алмазоподобных полупроводников. – М.: Знание, 1970. – 44 с.
4. Полупроводники  $A^2B^4C^5_2$  / под ред. Н. А. Горюновой, Ю. А. Валова. – М.: Советское радио, 1974. – 374 с.
5. Горюнова, Н.А. Периодический закон Д.И. Менделеева – основа систематики химических соединений // Журнал неорганической химии. – 1969. – Т.14, №10. – С. 2626-2632.
6. Басалаев, Ю.М. Электронное строение, химическая связь и оптические свойства некоторых рядов алмазоподобных соединений: дисс. докт. физ.-мат. наук. / Ю.М. Басалаев. – Кемерово, 2009. – 378 с.
7. Басалаев, Ю.М. Электронное строение тройных алмазоподобных соединений со структурой халькопирита / Ю.М. Басалаев, А.С. Поплавной. – Кемерово: ИНТ, 2009. – 226 с.
8. Basalaev Yu. M., Poplavnoi A. S. Crystal chemistry, electronic and vibrational structure of compounds with chalcopyrite lattice. Chalcopyrite:

Chemical Composition, Occurrence and Uses / editor, Deborah Cronin. Nova Science Publishers, Inc.: New-York, USA, 2014, pp.115-173.

9. Басалаев, Ю. М. Новые алмазоподобные соединения со структурой антихалькопирита / Ю.М. Басалаев // Изв. вузов. Физика. – 2014. – Т. 57, № 4. – С.121-122.

10. Басалаев, Ю. М. Энергетическая зонная структура кристаллов Ве-(С, Si, Ge, Sn)-N<sub>2</sub> / Ю.М. Басалаев, Н.И. Гордиенок // Известия вузов. Физика. – 2017. – Т. 60, № 5. – С. 140-146.

БЕРЗИН Ю.В.

### **МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ MgBX<sub>2</sub>**

*Кафедра медицинской, биологической физики и высшей математики  
Кемеровского государственного медицинского университета, г. Кемерово*

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор Басалаев Ю.М.

BERZIN Yu.V.

### **MECHANICAL PROPERTIES OF MgBX<sub>2</sub> CRYSTALS**

*Department of Medical, Biological Physics and Higher Mathematics Kemerovo  
State Medical University, Kemerovo*

Supervisor: Doctor of Physical and Mathematical Sciences,

Professor Yu.M. Basalaeв

*Аннотация:* Изучена зависимость механических свойств от химического состава кристаллов MgBX<sub>2</sub>. Вычислены модули упругости, коэффициенты Пуассона и микротвердости.

*Ключевые слова:* халькопирит, микротвердость, упругие свойства

*Abstract:* The dependence of the mechanical properties on the chemical composition of MgBX<sub>2</sub> crystals has been studied. Modules of elasticity, Poisson's ratios and microhardness are calculated.

*Keywords:* chalcopyrite, microhardness, elastic properties.

Поиск новых перспективных материалов может проводиться с помощью теоретических исследований, как в [1-3], где были рассмотрены группы разных гипотетических соединений, перспективных для практики. Соединения II-IV-V<sub>2</sub> (где II= Mg, Zn, Cd; IV=C, Si, Ge, Sn; V=N, P, As, Sb) хорошо изучены экспериментально и теоретически [3-5]. Обычно они кристаллизуются в структуре халькопирита [3,4] и закономерно меняют свои физические свойства в изокатионных рядах [3,6]. Легкие элементы периодической системы, как правило, формируют прочные тетраэдрические кристаллы со структурой подобной структуре алмаза, сфалерита или халькопирита, как, например, сверхпрочный BC<sub>2</sub>N [2].

К числу наименее исследованных кристаллов семейства II-IV-V<sub>2</sub> относятся соединения Mg-IV-V<sub>2</sub>, синтез и изучение которых в лабораторных условиях затруднены из-за низкой стабильности и устойчивости образцов (они разлагаются на воздухе при обычных условиях), поэтому механические свойства кристаллов Mg-IV-V<sub>2</sub> до сих пор не изучены. Для их ближайших аналогов Zn-IV-V<sub>2</sub> и Cd-IV-V<sub>2</sub> со структурой халькопирита разработана методика расчета параметров [5,6], характеризующих упругие свойства, основанная на теории ионного заряда.

**Цель исследования:** изучение механических свойств соединений Mg-IV-V<sub>2</sub> со структурой халькопирита в рамках теории ионного заряда.

**Материалы и методы исследования.** В качестве объектов исследования выбраны 16 соединений Mg-IV-V<sub>2</sub> (IV=C, Si, Ge, Sn; V=N, P, As, Sb) со структурой халькопирита, параметры кристаллической решетки которых ( $a$ ,  $c$ ,  $\gamma=c/a$ ,  $u$ ) вычислялись по формулам из работы [2]. Согласно теории, изложенной в [5,6], исследуемую группу кристаллов можно представить в виде Mg<sup>+2</sup>IV<sup>+4</sup>V<sup>-3</sup><sub>2</sub> и найти произведение ионных зарядов  $Z=Z_1Z_2Z_3=48$  (где  $Z_1=+2$ ,  $Z_2=+4$  и  $Z_3=|-6|$ ). В расчетах использовались соответствующие ионные радиусы ( $r_{Mg}$ ,  $r_{IV}$ ,  $r_V$ ), чтобы определить средние

расстояния между ближайшими взаимодействующими атомами, через длины катион-анионных связей  $d_1=r_{Mg}+r_V$  и  $d_2=r_{IV}+r_V$ :  $d=(d_1+d_2)/2$ . Упругие постоянные  $C_{ij}$  вычислялись по формуле, полученной для структуры халькопирита в работе [5]:  $C_{ij} = A_{ij}(k_B T_m / Z \Omega)^{0.15}$ , где известны множители  $A_{11}=160$ ,  $A_{12}=100$ ,  $A_{13}=95$ ,  $A_{33}=150$ ,  $A_{44}=55$ ,  $A_{66}=50$ , и можно вычислить константы  $C_{11}$ ,  $C_{12}$ ,  $C_{13}$ ,  $C_{33}$ ,  $C_{44}$  и  $C_{66}$ , с учетом, что  $k_B$  это – постоянная Больцмана (1.38),  $T_m$  – температура плавления,  $\Omega=a^2c$  – объем элементарной ячейки халькопирита. Для вычислений и обработки результатов использовалась стандартная программа EXCEL и ее встроенные функции.

**Результаты и их обсуждение.** Упругие постоянные ( $C_{ij}$ ), основные модули (Юнга –  $E$ , объемного сжатия –  $B$  и сдвига –  $G$ ), микротвердости ( $H$ ) для нитридов и фосфидов, представленные в таблице, имеют типичные для соединений II-IV-V<sub>2</sub> значения. Вычисление коэффициентов Пуассона ( $\nu$ ) выполнено с помощью формул для микротвердости ( $H$ ) из работ [7,8].

Таблица

Упругие постоянные ( $C_{ij}$ ), модуль Юнга ( $E$ ), модуль сжатия ( $B$ ), модуль сдвига ( $G$ ), микротвердость ( $H$ ), (все в ГПа), коэффициент Пуассона ( $\nu$ )

Mg-IV-V <sub>2</sub>	$C_{11}$	$C_{12}$	$C_{13}$	$C_{33}$	$C_{44}$	$C_{66}$	$E$	$B$	$G$	$H$	$\nu$
MgCN <sub>2</sub>	162	101	96	152	56	51	160	258	70	39	0.390
MgSiN <sub>2</sub>	159	99	94	149	55	50	146	149	64	28	0.319
MgGeN <sub>2</sub>	157	98	93	147	54	49	141	143	62	25	0.315
MgSnN <sub>2</sub>	152	95	90	142	52	47	118	118	52	16	0.303
MgCP <sub>2</sub>	143	90	85	134	49	45	88	106	39	10	0.322
MgSiP <sub>2</sub>	138	86	82	129	47	43	72	67	32	7	0.258
MgGeP <sub>2</sub>	136	85	81	128	47	43	67	64	29	6	0.269
MgSnP <sub>2</sub>	129	81	77	121	44	40	49	55	22	4	0.274

Установлено, что исследуемые соединения Mg-IV-V<sub>2</sub> удовлетворяют условиям механической стабильности тетрагональных кристаллов и, в принципе, могут быть синтезированы. Среди них есть группа механически прочных кристаллов с микротвердостью  $H > 10$  ГПа, это – нитриды и MgCP<sub>2</sub>,

что характеризует их, как перспективные рабочие материалы, устойчивые к внешним воздействиям. Прочным и легким является кристалл  $MgCN_2$ .

**Выводы.** Методика расчета позволила определить упругие свойства и рядовые зависимости для сложных гипотетических соединений на основе данных о кристаллической структуре, ионных зарядах и средних расстояниях между ионами. Механические свойства кристаллов  $Mg-IV-V_2$  зависят от их химического состава, прочность закономерно ослабевает с увеличением атомных номеров в изокатионных и изоанионных рядах.

### **Литература / References**

1. Басалаев, Ю. М. Новые алмазоподобные соединения со структурой антихалькопирита / Ю.М. Басалаев // Изв. вузов. Физика. – 2014. – Т. 57, № 4. – С.121-122.

2. Басалаев, Ю.М. Влияние подрешеток на формирование зонной структуры кристаллов с решеткой халькопирита:  $V_2CN$ ,  $VC_2N$ ,  $VCN_2$  / Ю.М. Басалаев // Журнал структурной химии. – 2016. – Т.57, №1. – С.15-20.

3. Басалаев, Ю.М. Электронное строение тройных алмазоподобных соединений со структурой халькопирита / Ю.М. Басалаев, А.С. Поплавной. – Кемерово: ИНТ, 2009. – 226 с.

4. Jaffe, J.E. Theory of the band-gap anomaly in  $ABC_2$  chalcopyrite semiconductors / J.E. Jaffe, A. Zunger // Phys. Rev. B. 1984. – V.29, N4. – P.1882-1906.

5. Verma, A.S. Elastic properties of chalcopyrite structured solids / A.S. Verma, S. Sharma, R. Bhandari, B.K. Sarkar, V.K. Jindal // Materials Chemistry and Physics. 2012. – V.132, N1-2. – P. 416-420.

6. Басалаев, Ю.М. Кристаллофизика и кристаллохимия: учебно-методическое пособие // Кемеровский государственный университет. – Кемерово, 2020. – 78 с.

7. Беломестных, В.Н. Взаимосвязь ангармонизма и поперечной деформации квазиизотропных поликристаллических тел / В.Н.

Беломестных, Е.П. Теслева // Журнал технической физики. – 2004. – Т. 74, № 8. – С. 140–142.

8. Tian, Y. Microscopic theory of hardness and design of novel superhard crystals / Y. Tian, B. Xu, Z. Zhao // Int. J. Refract. Met. Hard Mater. – 2012. – V. 33. – P. 93-106.

ГОЛЬЦЕВ М.В. В, ГУСАКОВА О.В., БЕЛАЯ О.Н., ГУСАКОВА С.В.,  
ШЕПЕЛЕВИЧ В.Г.

**СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ФОЛЬГИ И СПАЯ СПЛАВА  $\text{Bi}_{32}\text{In}_{41}\text{Sn}_{27}$**

*Кафедра медицинской и биологической физики*

*Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск*

GOLTSEV M.V., GUSAKOVA O. V., BELAYA O. N.,  
GUSAKOVA S.V., SHEPELEVICH V.G.

**STRUCTURE AND PROPERTIES OF THE FOIL AND JOINT OF  
THE  $\text{Bi}_{32}\text{In}_{41}\text{Sn}_{27}$  ALLOY**

*Department of Medical and Biological Physics*

*Belarusian State Medical University, Minsk*

*Аннотация.* Представлены результаты исследования структуры и свойств спаев на основе тройного сплава  $\text{Bi}_{32}\text{In}_{41}\text{Sn}_{27}$  и показана возможность практического использования фольги сплава в качестве припоя.

*Ключевые слова.* Высокоскоростное затвердевание, фольги, припой.

*Abstract.* The paper presents the results of investigating the structure and properties of junctions based on the  $\text{Bi}_{32}\text{In}_{41}\text{Sn}_{27}$  ternary alloy and shows the possibility of practical use of the alloy foil as a solder.

*Keywords.* High speed solidification, foil, solder.

Сплавы тройной системы  $\text{Bi-In-Sn}$  имеют низкую температуру плавления и находят применение в различных отраслях промышленности, например, в качестве припоев, элементов электрических цепей и др. [1, 2]. В последние десятилетия из-за опасного влияния свинца на экологическую обстановку и здоровье человека возрос интерес к легкоплавким припоям, не содержащим опасных элементов. При использовании индия и висмута в качестве компонентов сплавов целесообразно применять энерго- и ресурсосберегающие технологии, к которым относится и высокоскоростное затвердевание [3]. В связи с этим является актуальным исследование структуры и механических свойств сплавов на основе тройного сплава  $\text{Bi}_{32}\text{In}_{41}\text{Sn}_{27}$ .

Кусочек сплава  $\text{Bi}_{32}\text{In}_{41}\text{Sn}_{27}$  массой  $\sim 0,2$  г расплавляли и инжектировали на внутреннюю полированную поверхность быстровращающегося медного цилиндра. Исследование структуры фольг быстрозатвердевшего сплава выполнено на растровом электронном микроскопе LEO-1455 VP (Германия) с рентгеноспектральным микроанализатором Aztec Energy Advanced X-Vax80 и дифрактометре ДРОН-3 (Россия). Полюсная плотность дифракционных линий рассчитывалась по методу Харриса [4].

На дифрактограмме быстрозатвердевшей фольги сплава  $\text{Bi}_{32}\text{In}_{41}\text{Sn}_{27}$  наблюдаются только дифракционные отражения  $\epsilon$ -фазы ( $\text{BiIn}$ ) (111, 200, 002, и др.) и  $\gamma$ -фазы ( $\text{Sn}_4\text{In}$ ) ( $10\bar{1}1$ ,  $11\bar{2}0$ , 0002 и др.).

Изображение поверхности А фольги, полученное с помощью растрового электронного микроскопа, содержит темные и светлые области. Рентгеноспектральный микроанализ показал, что светлые области соответствуют  $\epsilon$ -фазе, а темные –  $\gamma$ -фазе. Таким образом, быстрозатвердевшая фольга сплава  $\text{Bi}_{32}\text{In}_{41}\text{Sn}_{27}$  состоит из  $\epsilon$ - и  $\gamma$ -фаз.

Методом случайных секущих определены параметры структуры. Объемные доли  $\epsilon$ - и  $\gamma$ -фаз в пределах погрешности измерения совпадают.

Среднее значение хорд  $d_\gamma$  случайных секущих, расположенных на сечениях  $\gamma$ -фазы и среднее значение удельной поверхности межфазной границы  $S_{\varepsilon-\gamma}$ , образованной  $\varepsilon$ - и  $\gamma$ -фазами, зависят от времени выдержки  $t$  фольги при комнатной температуре. Их зависимости описываются уравнениями  $d = 0,58 + 0,29 \ln t$  и  $S_{\varepsilon-\gamma} = 2,9 - 0,43 \ln t$ , где  $d$ ,  $S$  и  $t$  измеряются в микронах (мкм), обратных микронах ( $\text{мкм}^{-1}$ ) и часах (ч) соответственно.

Огрубление структуры в фольгах сплава  $\text{Bi}_{32}\text{In}_{41}\text{Sn}_{27}$  наблюдалось ранее и в фольгах двойных эвтектических сплавах систем  $\text{Bi} - \text{Sn}$ ,  $\text{Sn} - \text{In}$ . Оно вызвано тем, что комнатная температура является высокой для легкоплавких сплавов, благодаря чему происходят активно диффузионные процессами, способствующие миграции границ и улучшению их структуры.

Установлено, что в  $\gamma$ -фазе формируется четкая текстура (0001). Ее образование обусловлено, что кристаллографическая плоскость (0001) является наиболее плотноупакованной, что способствует преимущественному росту зерен с такой ориентировкой в направлении теплового потока. В  $\varepsilon$ -фазе наблюдается слабовыраженная двойная текстура (211)+(112).

Фольги использованы в качестве припоя при пайке двух медных пластин шириной 10 см внахлест. Распределение компонентов в направлении, перпендикулярном поверхности спая после его разрушение при растяжении представлено на рис. 1. Индий и олово диффундируют внутрь медной пластины меди. Глубина заметного проникновения меди в слой припоя достигает 3 – 4 мкм. В области контакта медной пластины и припоя наблюдается участок с почти однородным распределением меди, индия и олова, что свидетельствует об образовании новой фазы, в состав которой входит около 22 ат.% Sn, 12 ат.% In, 2 ат.% Bi, остальное – медь, что соответствует твердому раствору на основе меди.

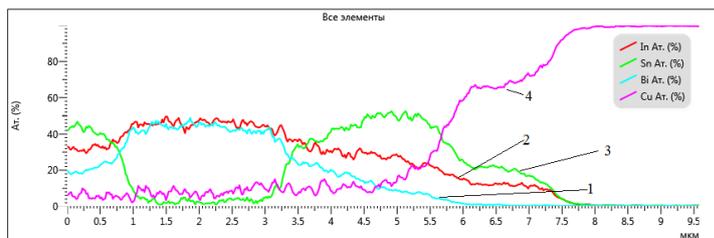


Рисунок 1.

Распределение компонентов спая по глубине (1 – Bi, 2 – In, 3 – Sn, 4 – Cu)

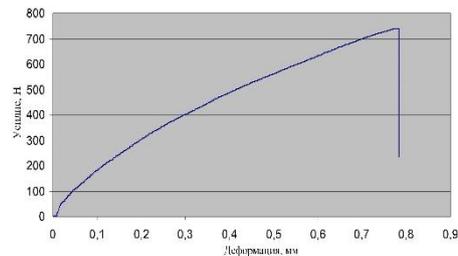


Рисунок 2.

Кривая растяжения спая двух медных пластин сплавов припоя  $Bi_{32}In_{41}Sn_{27}$

Максимальное значение растягивающего усилия растяжения достигает 740 Н (рис. 2). Деформация спая происходила путем сдвига пластин. Абсолютная величина деформации до разрушения спая составляет 0,8 мм, что в двадцать раз больше толщины самого припоя.

Проведенные исследования спаев меди свидетельствуют о возможном практическом использовании фольги сплава  $Bi_{32}In_{41}Sn_{27}$  в качестве припоя.

### Литература / References

3. Петрушин, Е. И. Справочник по пайке / Е. И. Петрушин. – М.: Машиностроением, 2003. – 480 с.

2. Глазков, А. А. Вакуум электрофизических установок и комплексов / А. А. Глазков, Г. А. Саксаганский. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 184 с.

3. Васильев, В.А. Высокоскоростное затвердевание расплавов (теория, технология и материалы) / В.А. Васильев [и др.], под общей редакцией Б.С. Митина. – М.: «СП ИНТЕРМЕТ ИНЖИНИРИНГ», 1998. – 400 с.

4. Русаков, А.А. Рентгенография металлов / А.А. Русаков. – М.: Атомиздат, 1977. – 488 с.

ДУГИНОВА Е.Б.

**ЭЛЕКТРОННАЯ СТРУКТУРА ГИПОТЕТИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛОВ  
LiTlO<sub>2</sub> И LiTlS<sub>2</sub> СО СТРУКТУРОЙ ХАЛЬКОПИРИТА**

*Кафедра физики, Кузбасский государственный технический университет  
им. Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово*

DUGINOVA E.B.

**ELECTRONIC STRUCTURE OF HYPOTHETICAL LiTlO<sub>2</sub> AND LiTlS<sub>2</sub>  
CRYSTALS WITH CHALCOPYRITE STRUCTURE**

*Department of Physics, T.F. Gorbachev Federal State Budgetary Educational  
Institution of Higher Education, Kemerovo*

*Аннотация:* С использованием методов теории функционала плотности впервые для соединений LiTlX<sub>2</sub> (X=O,S), рассмотрена гипотетическая структура халькопирита и определены равновесные структурные параметры.

*Ключевые слова:* гипотетические кристаллы, халькопирит, LiTlS<sub>2</sub>, LiTlO<sub>2</sub>.

*Abstract:* Using the methods of density functional theory for the first time for LiTlX<sub>2</sub> (X=O,S) compounds, the hypothetical structure of chalcopyrite is considered and the equilibrium structural parameters are determined.

*Keywords:* hypothetical crystals, chalcopyrite, LiTlS<sub>2</sub>, LiTlO<sub>2</sub>.

При моделировании новых, еще не синтезированных кристаллов необходимо удостовериться, что такие кристаллы представляют практический интерес. Моделирование гипотетических Li-содержащих кристаллов LiTlX<sub>2</sub> со структурой халькопирита является важной задачей, поскольку они относятся к семейству известных и нашедших широкое применение материалов LiMX<sub>2</sub> [1]. О возможности существования

кристаллов  $\text{LiTiO}_2$  впервые говорится в работе [2], где упоминается о синтезе соединений  $\text{MeTiO}_2$  и  $\text{LiTiO}_2$  был получен в трех конфигурациях ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ). Для тетрагональной модификации представлены параметры  $a$  и  $c$ . В 1965 году в работе тех же авторов представлено исследование только трех модификаций  $\text{LiTiO}_2$  [3]. Норре подытожил полученные до этого результаты, разобрав подробнее  $\alpha$ - $\text{LiTiO}_2$  модификацию [4]. С помощью порошковых диаграмм показано, что существуют обратимые преобразования между тремя модификациями. Последнее упоминание данного соединения в литературе было в 2009 г в работе Безносикова Б.В. и Александрова К.С. [5]. Работа посвящена кристаллохимическому анализу структур семейства делафоссита в составах  $\text{A}^+\text{B}^{3+}\text{O}_2$ . Авторы говорят о том, что можно синтезировать около сотни новых соединений, в том числе и  $\text{LiTiO}_2$ . Kish в 2007 [6] провел исследование комплексных соединений и предположил, что они могут являться перспективными материалами. Однако  $\text{LiTiS}_2$  был упомянут в работе, но не изучен. В работе соединения сгруппированы в зависимости от величины  $D$  (отношения ионных радиусов). Показано, что соединение  $\text{LiTiS}_2$  должно принадлежать к структурному типу, относящемуся к  $\text{ZnS}$ .

Теоретическое исследование электронных свойств кристаллов  $\text{LiTiX}_2$  со структурой халькопирита до сих пор не выполнено. Такие расчеты для гипотетических кристаллов  $\text{LiTiX}_2$  являются актуальными, поскольку позволят получить необходимые сведения о свойствах и, следовательно, о возможности существования и перспективах их синтеза.

**Цель исследования:** моделирование кристаллической структуры и исследование электронных свойств кристаллов  $\text{LiTiX}_2$  ( $X = \text{O}, \text{S}$ ) со структурой халькопирита с помощью методов теории функционала плотности.

**Материал и методы исследования.** Для моделирования структуры халькопирита в избранных кристаллах  $\text{LiTiX}_2$  необходимо определить

параметры решетки  $a$ ,  $c$  и координату аниона (атомы O, S)  $x$ . Координаты основных атомов в элементарной ячейке халькопирита: Li –  $(0,0,0)$   $(0,1/2,1/4)$ ; Ti –  $(0,0,1/2)$   $(0,1/2,-1/4)$ ; (O, S) –  $(x,1/4,1/8)$   $(-x,1/4,1/8)$   $(-1/4,x,-1/8)$   $(1/4,-x,-1/8)$ , в единицах  $a(1,1,\gamma)$ , где отношение  $\gamma=c/a$  характеризует тетрагональное сжатие. Равновесные значения  $a$ ,  $c$  и координата анионов  $x$  для кристаллов  $\text{LiTiX}_2$  вычислялись по формулам из работы [7] и представлены в таблице 1. Модельные расчеты для кристаллов  $\text{LiTiX}_2$  ( $X = \text{O}, \text{S}$ ) были выполнены с помощью методов теории функционала плотности DFT (density functional theory), которые составляют основу программного кода CRYSTAL [8].

Таблица 1

Равновесные параметры кристаллической структуры соединений  $\text{LiTiX}_2$

Параметры	$a, \text{Å}$	$c, \text{Å}$	$x$	$\gamma$
$\text{LiTiO}_2$	5.0201	9.8386	0.257	1.95984
$\text{LiTiS}_2$	5.9148	11.428	0.256	1.96533

**Результаты и их обсуждение.** Расчеты зонной структуры и плотности состояний для соединений  $\text{LiTiX}_2$  со структурой халькопирита не выполнялись до настоящего времени.

Результаты наших вычислений зонной структуры  $E(k)$  представлены на рис.1. За начало отсчета шкалы энергий выбрано положение вершины валентной зоны, которая для данных соединений реализуется в точке Г. Нулевому значению энергии соответствует последнее заполненное состояние. Ширина

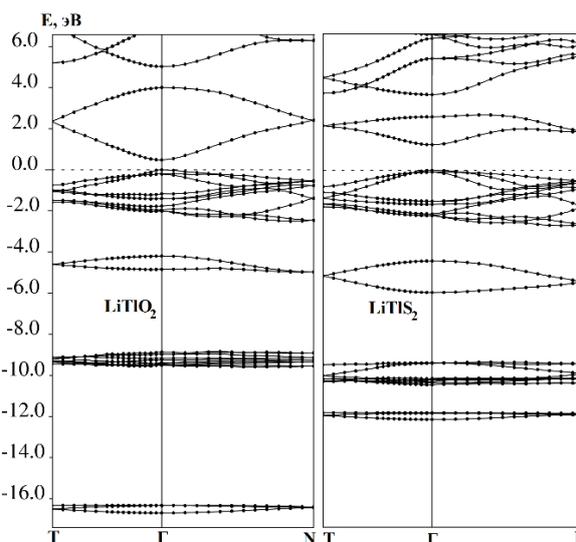


Рисунок 1.

запрещенной зоны для  $\text{LiTiO}_2$  –  
0,23 эВ, для  $\text{LiTiS}_2$  – 1,71 эВ.

Зонная структура  $\text{LiTiX}_2$

**Выводы.** Установлено, что рассматриваемые кристаллы  $\text{LiTiS}_2$  и  $\text{LiTiO}_2$  являются полупроводниками, как некоторые исследованные нами ранее изоструктурные и изоэлектронные кристаллы  $\text{LiMX}_2$  [8-10].

### **Литература / References**

1. Khan, A. et al.: Anion-cation replacement effect on the structural and optoelectronic properties of the  $\text{LiMX}_2$  ( $M = \text{Al, Ga, In; X} = \text{S, Se, Te}$ ) compounds: A first principles study // ZNA. 2018. – V.73, I.7. – P.645-655.

2. Hoppe, R. Oxothallate der Alkalimetalle / R. Hoppe, G. Werding // Z. anor. allg. Chem. 1961. V.307. – P.174-186.

3. Hoppe, R. Zur Polymorphie des  $\text{LiTiO}_2$  / R. Hoppe, Ch. Hebecker // Z. anor. allg. Chem. 1965. V.335. – P.80-84.

4. Hoppe, R. Zur Kenntnis von  $\alpha\text{-LiTiO}_2$  / R. Hoppe, P. Panek // Z. anor. allg. Chem. 1971. V.384. – P.97-192.

5. Безносиков, Б.В. Прогноз новых соединений в семействе делафоссита / Б.В. Безносиков, К.С. Александров // Журнал структурной химии. 2009. – Т.50, №1. – С.108-113.

6. Kish, Z.Z. Formation, Crystallographic Classification and Properties of Compounds in  $A^I B^III C^VI$  Systems // <https://www.researchgate.net/publication/265336330> Formation Crystallographic Classification and Properties of Compounds in  $A^I B^III C^VI$  Systems. 2007.

7. Jaffe, J.E. Theory of the band-gap anomaly in  $\text{ABC}_2$  chalcopyrite semiconductors. / J.E. Jaffe, A. Zunger // Phys. Rev. B. 1984. – V.29, №4. – P.1882-1906.

8. Basalaeв, Yu.M. Chemical bonding in isostructural Li-containing ternary chalcogenides / Yu.M. Basalaeв, Yu.N. Zhuravlev, E.B. Kitova, A.S. Poplavnoi // Journal of structural chemistry. – 2007. – V.48, N6. – P.1001-1005.

9. Басалаев, Ю.М. Первопринципное исследование электронной структуры метабората лития / Ю.М. Басалаев, Е.С. Болдырева, Е.Б. Дугинова // Журнал структурной химии. – 2018. – Т.59, №7. – С.1563-1568.

10. Басалаев, Ю.М. Динамика решетки и упругие свойства кристаллов  $LiMS_2$  ( $M = B, Al, Ga, In$ ) со структурой халькопирита / Ю.М. Басалаев, Е.В. Дугинов, Е.Б. Дугинова // Успехи современного естествознания. – 2018. – №11-2. – С.199-204.

**КУЗНЕЦОВА Е.В., ПРОСВИРКИНА Е.В.  
ПРИМЕНЕНИЕ НАНОМАТЕРИАЛОВ В КОСМЕТИКЕ.  
ФИЗИЧЕСКИЙ АСПЕКТ**

*Кафедра медицинской, биологической физики и высшей математики  
Кемеровского государственного медицинского университета, г. Кемерово*

Научный руководитель – к.х.н., доцент Просвиркина Е.В.

**KUZNETSOVA E.V.  
APPLICATION OF NANOMATERIALS IN COSMETICS.  
THE PHYSICAL ASPECT**

*Department of medical & biological physics  
Kemerovo State Medical University, Kemerovo  
Supervisor: Ch.D, Associate Professor Prosvirkina E.V.*

*Аннотация:* В работе представлен обзор наноматериалов, используемых в производстве косметических средств.

*Ключевые слова:* Наноматериалы, липосомы, косметика.

*Abstract:* The article introduces what nanomaterials are used in the production of cosmetics, what effect these nanomaterials have and whether they can harm.

*Keywords:* Nanomaterials, liposomes, cosmetics.

Основная проблема обычной косметики заключается в том, что она работает только в поверхностных слоях кожи, не способна проникать под роговой слой и не подходит для лечения акне и других заболеваний кожи. Одним из решений этой проблемы стало создание искусственных контейнеров, которые способны проникнуть в кожу на более глубокий уровень за счет своих наноразмеров. Основной задачей нанокосметики является наполнение кожи питательными или лечебными веществами через межклеточные промежутки.

Впервые наноматериалы начали использоваться в изготовлении косметики еще в конце прошлого века. На сегодняшний день чаще всего используют в изготовлении косметики два типа наночастиц: липосомы и наносомы.

Липосома – это коллоидная система, представляющая собой замкнутое сферическое образование (везикулу), внутри которой расположено водное ядро. По мере развития биотехнологий появилась возможность использовать еще более мелкие транспортные частицы – наносомы, которые можно было «начинять» различными биологическими веществами. Наносомы способны проникать в глубокие слои эпидермиса, благодаря своим маленьким размерам, где тончайшая оболочка наносом растворяется, и кожа получает те или иные необходимые ей вещества «изнутри». Наносомы являются транспортным средством для доставки исключительно одного какого-либо биологически активного вещества.

Косметические препараты наногруппы могут включать в свой состав гиалуроновую кислоту, коэнзимы Q10, коллаген, эластин, аминокислоты,

витамины и различные растительные компоненты. Комплексы питательных веществ формируются в разном процентном соотношении для разных видов нанокосметики [1].

Липосомы получают методом высокого давления (экструзии). Многослойные везикулы, приготовленные конвекционным методом, под высоким давлением пропускают через поликарбонатные мембраны с широким диапазоном диаметров пор. Преимуществом экструзионного метода является получение липосом с гомогенным распределением по размеру. В результате продавливания многослойных липосом сквозь малые поры снимаются последовательные слои липидных мембран, что приводит к образованию однослойных везикул.

Для получения липидных наночастиц систему нагревают до температуры на 5–10°C выше температуры плавления липида и получают наноэмульсии гомогенизацией при высоком давлении, УЗ-диспергированием, низкоэнергетическим эмульгированием при изменении состава и др. методами. Затем, полученную наноэмульсию охлаждают до комнатной температуры для кристаллизации липидов.

Наноэмульсии могут служить матрицей при получении липидных нанокапсул, состоящих из жидкого органического ядра и твердообразной оболочки, образованной молекулами ПАВ. В качестве жидкого ядра в нанокапсулах медицинского назначения обычно используются среднецепочечные триглицериды, в качестве оболочки – различные полиоксиэтиленстеараты.

Чаще всего для получения липидных нанокапсул применяется метод температурной инверсии фаз с многократным температурным циклированием, что позволяет получать более мелкие и более однородные по размерам нанокапсулы [5].

При контакте наночастиц косметического средства с клетками и тканями кожи процессы поступления биологически активных веществ в

межклеточное пространство и в клетки кожи, равно как и процессы транспортировки молекул кислорода и углекислого газа, происходят в точном соответствии с процессами межклеточного обмена веществ в живых клетках кожи.

Нанотехнология позволяет использовать и совмещать в одной рецептуре как жирорастворимые, так и водорастворимые, а также несовместимые между собой в обычных условиях, активные ингредиенты. Тем самым многократно повышается активность и доступность для кожи ценных составляющих косметических средств [2].

Под действием наноконплексов процесс взаимодействия кожи и косметического средства приближен к естественным процессам: активные вещества легче взаимодействуют с клетками и воспринимаются ими как естественные, родственные компоненты, инициируется «запуск» собственных механизмов регенерации клетки.

Однако, в этом случае перед наноразмерными частицами оказывается беспомощным тканево-кровенной барьер, что может представлять опасность для иммунной, нервной и других систем.

В своем исследовании ученые под руководством Филипа Муса (Philip Moos) из Университета Юты в США провели работу по изучению воздействия частиц оксида цинка различного размера на клетки кишечника, помещенные в искусственно созданную питательную среду. Авторы исследования показали, что частицы с размерами меньше 100 нанометров при непосредственном контакте с клеткой могут с вдвое большей вероятностью вызвать ее смерть, чем более крупные частицы. Из расчетов ученых следует, что токсическое воздействие на клетки кишечника может проявиться уже при попадании двух граммов крема от загара в организм человека. Подобное исследование было проведено из-за того что проблема отравления детей после случайного проглатывания солнцезащитного крема стоит достаточно остро. [6]

Существует еще одна проблема – проблема экологической безопасности использования материалов и изделий неизвестных ранее видов. Для наночастиц нет препятствий проникновения практически через все системы защиты человеческого организма, и через стенки сосудов кровеносной системы и через кожу. Наночастицы в значительном количестве, находясь в промышленных отходах, автомобильных выхлопах, во многих медицинских и косметических препаратах с развитием нанотехнологий, всё больше попадают в окружающую среду, являясь загрязнителями и угрожая здоровью человечества. Поэтому необходимы новые законодательные акты и ограничения, соблюдение техники безопасности на производствах и в лабораториях, должны быть просчитаны все риски использования наноматериалов.

#### **Литература / References**

1. Александрова, К. Ю. Инновации в сфере парфюмерно-косметической промышленности / К. Ю. Александрова // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". – 2015. – № 13. – С. 208-216.
2. Реферат: «Нанотехнология в косметике» // Bestreferat.ru URL: <https://www.bestreferat.ru/referat-403806.html> (дата обращения: 04.11.2021).
3. Гнатюк-Данильчук, Л. П. О "мягкой" нанотехнологии / Л. П. Гнатюк-Данильчук // Вестник Московского государственного открытого университета. Москва. Серия: Техника и технология. – 2011. – № 4. – С. 20-23..
4. Влияние наночастиц на окружающую среду и здоровье человека / А. Н. Янущик, Е. А. Старостина, А. М. Макарова [и др.]. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2018. — № 17 (203). — С. 126-128. — URL: <https://moluch.ru/archive/203/49855/> (дата обращения: 06.11.2021).

5. Наноэмульсии – перспективные дисперсные системы для косметики и фармацевтики // Cosmetic-industry. URL: <https://cosmetic-industry.com/> (дата обращения: 06.11.2021).

6. О токсичности кремов с наночастицами оксида цинка // Nanonewsnet.ru URL: <https://www.nanonewsnet.ru/blog/empirv/o-toksichnosti-kremov-s-nanochastitsami-okside-tsinka> (дата обращения: 06.11.2021).

МАРИНОВА С.А.

### УПРУГИЕ ПОСТОЯННЫЕ $\beta$ -SiO<sub>2</sub>

*Кемеровский государственный университет, г. Кемерово*

MARINOVA S.A.

### ELASTIC CONSTANTS OF $\beta$ -SiO<sub>2</sub>

*Kemerovo State University, Kemerovo*

*Аннотация:* В рамках теории функционала плотности исследованы механические свойства  $\beta$ -модификации диоксида кремния. Получены модули Юнга, сдвига, объемного сжатия и коэффициент Пуассона.

*Ключевые слова:*  $\beta$ -кристобалит, упругие свойства

*Abstract:* The mechanical properties of the  $\beta$ -modification of silicon dioxide are investigated within the framework of the density functional theory. Young's moduli, shear modulus, volumetric compression modulus and Poisson's ratio are obtained.

*Keywords:*  $\beta$ -cristobalite, elastic properties

Диоксид кремния является одним из самых широко распространенных химических соединений на Земле. Количество кристаллических форм SiO<sub>2</sub> насчитывает около двухсот, например,  $\alpha$ - и  $\beta$ -кварц,  $\alpha$ - и  $\beta$ -кристобалит, стишовит, коэзит и другие [1]. Данные модификация различаются

параметрами решетки, а также внешними условиями (температура, давление), при которых происходит образование кристаллов. В силу своих уникальных физических и химических свойств диоксид кремния незаменим в качестве сырья для многих отраслей промышленности.

**Цель исследования.** Из первых принципов определить упругие постоянные и изучить механические свойства диоксида кремния в модификации  $\beta$ -кristобалита.

**Материалы и методы исследования.** Способность кристаллического твердого тела изменять свою форму (деформироваться) под влиянием внешнего воздействия (нагрузки) и возвращаться в исходное равновесное состояние (восстанавливать свои размеры и первоначальную форму) после прекращения этого воздействия называется упругостью. Она определяет механические свойства твердого тела и характеризуется модулями упругости, которые можно вычислить или измерить.

Программа CRYSTAL позволяет проводить высокоточные вычисления упругих постоянных кристаллов  $C_{ij}$  и с их помощью вычислять основные модули упругости: модуль Юнга ( $E$ ), модуль сдвига ( $G$ ), модуль объемной упругости ( $K$ ) и коэффициент Пуассона ( $\nu$ ).

Расчет объемного модуля  $K$ , модуля сдвига  $G$ , а также модуля Юнга  $E$  и коэффициента Пуассона  $\nu$  выполнен нами с помощью программ кода CRYSTAL, в котором заложен один из наиболее достоверных способов оценки упругих характеристик твердых тел в виде стандартной процедуры Фойгта – Ройсса – Хилла [2].

**Результаты и их обсуждение.** Вычисленные параметры, характеризующие упругие свойства  $\beta$ -кristобалита  $\text{SiO}_2$  представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Упругие постоянные и модули упругости кристалла  $\text{SiO}_2$  (ГПа)

$C_{11}$	$C_{12}$	$C_{13}$	$C_{33}$	$C_{44}$	$C_{66}$	$E$	$G_H$	$K_H$	$\nu$	$K/G$	$G/K$
78	-28	21	86	26	29	65	30	27	0.10	0.90	1.11

По величине основных модулей упругости ( $E$ ,  $G$ ,  $K$ ) все кристаллы можно разделить на четыре группы: с высокими, повышенными, средними и низкими значениями модулей  $E$ ,  $G$ ,  $K$ . Кристаллы  $\text{SiO}_2$  относятся к средней группе, для которой определены следующие границы изменения значений модулей упругости: 50-100 ГПа для модуля Юнга ( $E$ ), 20-40 ГПа для модуля сдвига ( $G$ ) и 50-75 ГПа для модуля объемной упругости ( $K$ ).

Модуль объемной деформации или объемной упругости ( $K$ ) характеризует свойство материала изменять свой объем при всестороннем сжатии или растяжении, он прямо пропорционален величине оказываемого давления.

Важную информацию можно получить из сопоставления модуля сдвига и модуля всестороннего сжатия: если  $K/G \geq 1.75$  кристалл является прочным и пластичным, а если  $K/G < 1.75$  – хрупким; для ковалентных кристаллов  $G/K \geq 1.1$ , а для ионных материалов  $G/K \leq 0.8$  [3]. Исходя из этих условий можно сделать вывод, что кристаллы  $\text{SiO}_2$  являются хрупкими. Из значения отношения  $G/K$  можно сделать вывод, что для кристаллов  $\text{SiO}_2$  характерна ковалентная связь между атомами, что подтверждается исследованиями, проведенными ранее [4-7].

Естественной реакцией на растяжение или сжатие твердого тела является его стремление сохранить объем, что обусловлено химическим составом тела и химической связью между атомами, входящими в его состав. Соотношение между изменением линейного размера тела и изменением поперечного сечения характеризуется коэффициентом Пуассона  $\nu$  (коэффициентом поперечной деформации), который

определяется модулем величины  $\nu = |\varepsilon/\varepsilon_1|$ , устанавливающим связь между относительной поперечной ( $\varepsilon_1$ ) и продольной ( $\varepsilon$ ) деформацией, и, показывает, во сколько раз изменяется поперечное сечение деформируемого тела. Коэффициент Пуассона зависит только от материала твердого тела и не зависит от его размеров и формы сечения. Величина коэффициента Пуассона для разных материалов изменяется от 0 до 0.5. Кристалл считается несжимаемым, если  $\nu = 0.5$ .

**Выводы.** Установлено, что соединение  $\beta$ -SiO<sub>2</sub> является механически устойчивым, прочным, но хрупким кристаллом с преимущественно ковалентными химическими связями Si-O.

#### **Литература / References**

1. Pantelides S.T., Harrison W.A. Electronic structure, spectra, and properties of 4:2 coordinated materials. I. Crystalline and amorphous SiO<sub>2</sub> and GeO<sub>2</sub>. // Phys. Rev. B. – 1976. – V.13, N6. – P. 2667-2691.
2. Dovesi, R. CRYSTAL14: A program for the ab initio investigation of crystalline solids / R. Dovesi, R. Orlando, A. Erba, C.M. Zicovich-Wilson, B. Civalleri, S. Casassa, L. Maschio, M. Ferrabone, M.De La Pierre, P.D’Arco, Y. Noel, M. Causa, M. Rerat, B. Kirtman. // Int. J. Quantum Chem. – 2014. – V. 114. – P. 1287 1317.
3. Santhosh, M. Structural, Electronic and Elastic Properties of LiXN (X = Be, Mg): A First Principles Study / M. Santhosh, R. Rajeswarapalanichamy, G. Sudhapriyanga, A. Murugan, S. Kanagaprabha, K. Iyakutti // International Journal of Scientific & Engineering Research. – 2014. – V. 5, N 3. – P. 161-164.
4. Басалаев, Ю. М. Электронное строение кристаллов  $\beta$ -SiO<sub>2</sub>, заполненных Mg и Cd / С. А. Маринова, Ю. М. Басалаев // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – 2012. – Т.9, №4. – С.471-474.

5. Басалаев, Ю.М. Электронная структура и динамика решетки кристалла  $\alpha$ -ZnCl<sub>2</sub> / Ю.М. Басалаев, С.А. Маринова // Журнал структурной химии. – 2015. – Т.56, №5. – С.881-886.

6. Маринова, С.А. Энергетическая зонная структура, химическая связь и свойства кристаллов с решеткой дефектного халькопирита: дисс. канд. физ.-мат. наук. / С.А. Маринова – Кемерово, 2015. – 113 с.

7. Басалаев, Ю.М. Электронное строение кристаллов CO<sub>2</sub> и CS<sub>2</sub>. / Ю.М. Басалаев, С.А. Маринова // Журнал структурной химии. – 2019. – Т.60, №7. – С.1067-1074.

ОВЧИННИКОВ Д.В.

**ЭЛЕКТРОННЫЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
КРИСТАЛЛОВ MgBX<sub>2</sub>**

*Кафедра медицинской, биологической физики и высшей математики  
Кемеровского государственного медицинского университета, г. Кемерово*

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор Басалаев Ю.М.

OVCHINNIKOV D.V.

**ELECTRONIC AND OPTICAL PROPERTIES OF MgBX<sub>2</sub> CRYSTALS**

*Department of Medical, Biological Physics and Higher Mathematics,  
Kemerovo State Medical University, Kemerovo*

Supervisor: Doctor of Physical and Mathematical Sciences,

Professor Yu.M. Basalaev

*Аннотация:* Для кристаллов MgBX<sub>2</sub> со структурой халькопирита в рамках теории ионных зарядов вычислены: ширина запрещенной зоны, оптическая электроотрицательность, коэффициент отражения.

*Ключевые слова:* халькопирит, оптические свойства.

*Abstract:* For  $MgBX_2$  crystals with a chalcopyrite structure, within the framework of the theory of ionic charges, the following are calculated: band gap, optical electronegativity, reflection coefficient.

*Keywords:* chalcopyrite, optical properties.

Электронное строение кристалла во многом определяет его свойства и область практического применения. Оптические свойства соединений  $MgBX_2$  со структурой халькопирита практически не изучены. Это связано, в основном, с технологическими трудностями, не позволяющими получить устойчивые образцы, чтобы исследовать их с помощью стандартных экспериментальных методов. В работах [1,2] дана методика, позволяющая определять параметры, характеризующие оптические свойства тройных тетрагональных кристаллов с решеткой халькопирита. В частности, для реальных соединений  $ZnBX_2$  и  $CdBX_2$ , которые являются изоэлектронными и изоструктурными аналогами интересующих нас соединений  $MgBX_2$  [1], получены формулы для вычисления параметров, характеризующих их оптические свойства.

**Цель исследования:** изучение электронных и оптических свойств соединений  $MgBX_2$  методом теории ионного заряда.

**Материалы и методы исследования.** Основываясь на теории ионного заряда, суть которой состоит в том, чтобы связать фундаментальные свойства кристаллов с известными для атомов значениями, такими как их ионный заряд ( $Z$ ) и атомный или ионный радиус, разработаны методики, изложенные в работах [1,2], которые позволяют надежно вычислять ширину запрещенной зоны ( $E_g$ ), оптическую электроотрицательность ( $\Delta\chi$ ) и показатель преломления ( $n$ ) любых соединений состава II-IV-V<sub>2</sub> (где II= Be, Mg, Zn, Cd; IV=C, Si, Ge, Sn, Pb; V=N, P, As, Sb) со структурой халькопирита. Для реализации цели исследования были выбраны Mg-содержащие соединения, которые в теории

ионных зарядов можно представить в виде  $Mg^{+2}B^{+4}X^{-3}_2$ . Тогда можно определить произведение ионных зарядов  $Z=Z_1Z_2Z_3=48$  (где  $Z_1=+2$ ,  $Z_2=+4$  и  $Z_3=-6$ ). Через ионные радиусы ( $r_{Mg}$ ,  $r_B$ ,  $r_X$ ), определяются расстояния между ближайшими атомами  $d=(d_1+d_2)/2$ , как средняя арифметическая длина катион-анионных связей  $d_1=r_{Mg}+r_X$  и  $d_2=r_B+r_X$ .

Для вычисления параметров, характеризующих оптические свойства кристаллов  $MgBX_2$  использовались возможности программы EXCEL и формулы из работ [1,2]:

$$n = 0.31Z^{0.15}d^2, \quad (1)$$

$$\Delta\chi = 133/Z^{0.33}d^5, \quad (2)$$

$$E_g = 500/Z^{0.33}d^5. \quad (3)$$

Обработка результатов расчетов проводилась также с помощью программы EXCEL и ее встроенных функций.

**Результаты и их обсуждение.** Вычисленные по формулам (1)-(3) значения показателя преломления ( $n$ ), оптической электроотрицательности ( $\Delta\chi$ ) и ширины запрещенной зоны ( $E_g$ ) удобно представить в виде логарифмических зависимостей (рис.1), как это сделано в работах [1,2].

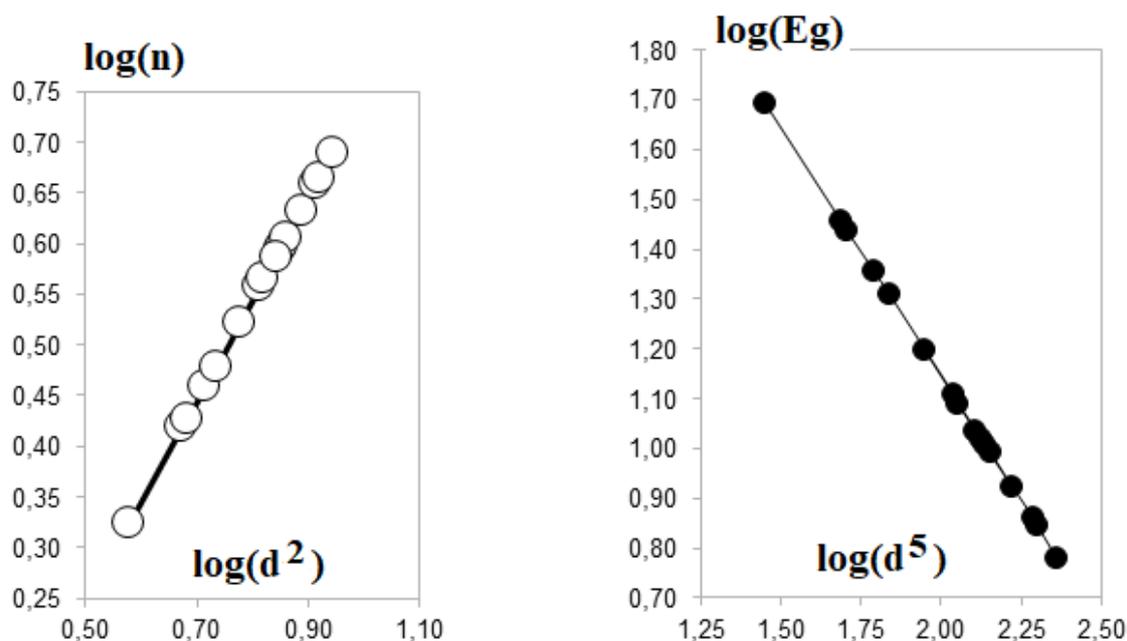


Рисунок 1.

Зависимость  $\log(n)$  от  $\log(d^2)$  (слева) и  $\log(E_g)$  от  $\log(d^5)$  (справа)

Установлено, что кристаллы  $MgVX_2$  являются полупроводниками, у которых с увеличением среднего расстояния между катионами и анионами увеличиваются оптическая электроотрицательность  $\Delta\chi$  и показатель преломления  $n$ , а ширина запрещенной зоны  $E_g$ , наоборот – уменьшается. Ширина запрещенной зоны коррелирует с механической прочностью и температурой плавления, а также с оптической прозрачностью исследуемых кристаллов. Самым прочным, тугоплавким и прозрачным, а вдобавок самым легким в группе  $Mg-IV-V_2$  является цианид магния:  $MgCN_2$ . Полученные результаты хорошо согласуются с результатами других теоретических исследований [3-5].

**Выводы.** Исследование оптических свойств гипотетических соединений  $MgVX_2$  показало возможность и перспективность подобных исследований, применительно к соединениям, синтез и прямое изучение свойств которых невозможно по каким-либо причинам. Рассмотренные  $Mg$ -содержащие кристаллы могут представлять интерес, например, как рабочие материалы для солнечных батарей. Зависимость параметров  $\Delta\chi$ ,  $n$  и особенно ширины запрещенной зоны  $E_g$  от химического состава, наблюдаемая в изокатионных и изоанионных рядах, позволяет подобрать материалы для практического применения в электронике.

### **Литература / References**

1. Verma, A.S. Electronic and optical properties of zinc blende and complex crystal structured solids. / A.S. Verma, S.R. Bhardwaj // Phys. Stat. Sol. (b). – 2006. – V.243, N15. – P.4025-4034.
2. Басалаев, Ю.М. Кристаллофизика и кристаллохимия: учебно-методическое пособие // Кемеровский государственный университет. – Кемерово, 2020. – 78 с.

3. Басалаев, Ю.М. Электронное строение тройных алмазоподобных соединений со структурой халькопирита / Ю.М. Басалаев, А.С. Поплавной. – Кемерово: ИНТ, 2009. – 226 с.

4. Басалаев, Ю.М. Первопринципное моделирование электронного строения кристаллов  $MCN_2$  ( $M=Be, Mg, Ca, Zn, Cd, Hg$ ) / Ю.М. Басалаев, О.Г. Басалаева, А.В. Сидорова // Журнал структурной химии. – 2020. – Т.61, №3. – С.361-367.

5. Басалаев, Ю.М. Первопринципное и феноменологическое моделирование фононного спектра супертвердого  $sr-BC_2N$  / Ю.М. Басалаев, А.В. Копытов, Т.Ю. Павлова, А.С. Поплавной // Известия вузов. Физика. – 2015. – Т. 58, № 7. – С. 94-101.

СТАРОДУБЦЕВА М. В.

**ЭЛЕКТРОННАЯ СТРУКТУРА КРИСТАЛЛОВ  $Li_2MgZnX_2$**

*ГБНОУ «Губернаторский многопрофильный лицей-интернат»,*

*г. Кемерово*

STARODUBTSEVA M. V.

**ELECTRONIC STRUCTURES OF  $Li_2MgZnX_2$  CRYSTALS**

*Governor's multidisciplinary boarding school, Kemerovo*

*Аннотация:* Изучены новые соединения  $Li_2MgZnX_2$  ( $X=N, P, As$ ) полухейслеровского типа, которые являются прямозонными. Установлено, что связи  $Mg-X$  и  $Zn-X$  являются более прочными, чем связи  $Li-X$ .

*Ключевые слова:* халькопирит, полухейслеровское соединение, зонная структура.

*Abstract:* New compounds  $Li_2MgZnX_2$  ( $X = N, P, As$ ) of the semi-Heusler type, which are direct-gap, have been studied. It was found that the  $Mg-X$  and  $Zn-X$  bonds are stronger than the  $Li-X$  bonds.

*Keywords:* chalcopyrite, half-Heusler compound, band structure.

**Цель исследования:** анализ электронного строения и химической связи полухейслеровских соединений  $\text{Li}_2\text{MgZnX}_2$  ( $X=\text{N}, \text{P}, \text{As}$ ) с кристаллической структурой подобной структуре халькопирита.

**Материалы и методы исследования.** Расчеты энергетической зонной структуры  $E(\mathbf{k})$  и электронной плотности  $\rho(\mathbf{r})$  кристаллов  $\text{Li}_2\text{MgZnX}_2$  выполнены в рамках теории функционала плотности с использованием программного кода CRYSTAL14. Интегрирование по зоне Бриллюэна велось методом специальных точек Монкхорста-Пака [1] на сетках  $4 \times 4 \times 4$ . Расчет  $\rho(\mathbf{r})$  выполнен для плоскости  $(1\bar{1}0)$ , где содержатся атомы разного сорта.

Структура гипотетических кристаллов  $\text{Li}_2\text{MgZnX}_2$  рассматривалась как суперпозиция кристаллов  $\text{LiMgX}$  и  $\text{LiZnX}$  со структурой сфалерита (подробно рассмотренных нами в работе [2]), в которых упорядоченное расположение чередующихся атомов Mg и Zn приводит к структуре подобной структуре халькопирита с пространственной группой симметрии  $D_{2d}^{12}$  ( $I\bar{4}2d$ , №122).

Параметры кристаллической решетки вычислялись с использованием формул из работы [3] и последующей оптимизацией геометрии кристаллов и составили следующие значения:  $a$ : 5.22, 6.33, 6.40 и  $c$ : 9.64, 11.68, 12.46 Å для  $\text{Li}_2\text{MgZnN}_2$ ,  $\text{Li}_2\text{MgZnP}_2$  и  $\text{Li}_2\text{MgZnAs}_2$ , соответственно.

**Результаты и их обсуждение.** Вычисления зонных спектров исследуемых кристаллов (рис.1) были произведены в точках высокой симметрии:  $\Gamma=(001)$ ,  $\Gamma=(000)$ ,  $N=(\frac{1}{2}\frac{1}{2}0)$  в единицах  $(2\pi/a; 2\pi/a; 2\pi/c)$  и вдоль соединяющих их линий по зоне Бриллюэна халькопирита. Начало отсчета шкалы энергий совмещено с положением абсолютного максимума валентной зоны в точке  $\Gamma_{4v}$ .

Установлено, что структура валентной зоны имеет характерный для

соединений со структурой халькопирита вид: состоит из четырех разрешенных подзон, ее пределы определяются s- и p-состояниями анионов (атомы N, P и As) [4,5]. Нижняя связка зон сформирована преимущественно за счет s-состояний атомов X. Верхняя валентная зона сформирована за счет вкладов p-состояний анионов и s-состояний атомов Li, Mg и Zn. В интервале между нижней связкой и верхними разрешенными валентными зонами расположена узкая полоса d-зон атомов Zn, которая слабо гибридизована с p-состояниями анионов X. Ниже вершины валентной зоны на величину  $\Delta_{\text{КР}}=0.2$  эВ расположен двукратно вырожденный уровень  $\Gamma_{5v}$ , обусловленный кристаллическим расщеплением, причиной которого, в основном, является наличие в катионных подрешетках атомов разного сорта (Mg и Zn).

Кристаллы  $\text{Li}_2\text{MgZnN}_2$  и  $\text{Li}_2\text{MgZnAs}_2$  являются прямозонными - дно зоны проводимости расположено в точке  $\Gamma_{1c}$ . Кристалл  $\text{Li}_2\text{MgZnP}_2$ , является псевдопрямозонным, у него дно зоны проводимости расположено в точке с симметрией  $\Gamma_{3c}$ , а уровень  $\Gamma_{1c}$  расположен чуть выше, в пределах 0.1 эВ.

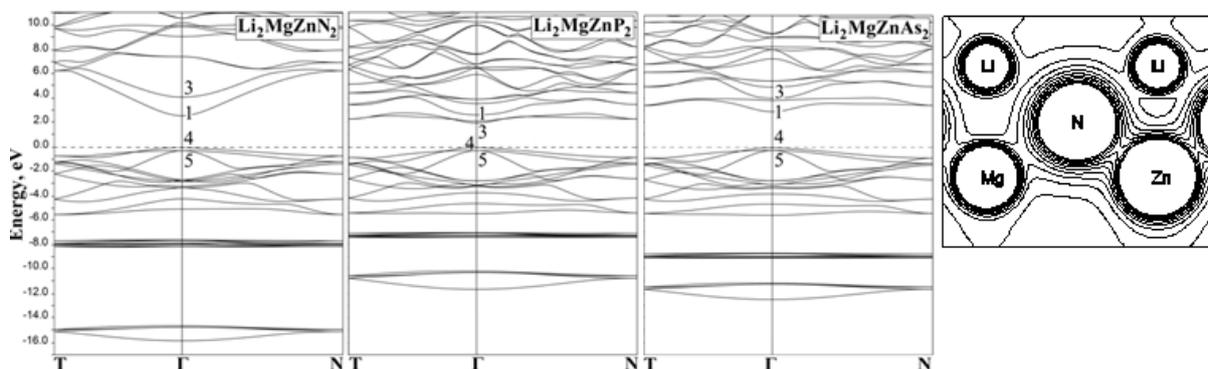


Рисунок 1.

Зонные спектры кристаллов  $\text{Li}_2\text{MgZnN}_2$ ,  $\text{Li}_2\text{MgZnP}_2$  и  $\text{Li}_2\text{MgZnAs}_2$  и распределение заряда валентных электронов в кристалле  $\text{Li}_2\text{MgZnN}_2$

Анализ карт распределения плотности заряда валентных электронов на примере кристалла  $\text{Li}_2\text{MgZnN}_2$  показал, что атомы Li образуют с анионами связи преимущественно ионного типа, что подтверждается

наличием характерных сферических замкнутых контуров вокруг атомов Li и отсутствием зарядов на связи Li-X. Катион-анионные связи Mg-X и Zn-X являются ионно-ковалентными и более прочными, чем связи Li-X, что обеспечивает возможность ионам Li<sup>+</sup> перемещаться в пространстве между катионными тетраэдрами MgX<sub>4</sub> и ZnX<sub>4</sub>.

**Выводы.** Гипотетические кристаллы (MgZnX<sub>2</sub>)<sup>2-</sup> со структурой подобной структуре халькопирита, заполненные ионами Li<sup>+</sup>, обладают не только особенностями их полухейслеровских аналогов LiMgX и LiZnX со структурой сфалерита, но также приобретают свойства присущие полупроводниковым соединениям со структурой халькопирита. Устойчивый структурный каркас исследуемых кристаллов формируется за счет химических связей X-Mg-X-Zn-X, что хорошо прослеживается на картах распределения плотности заряда валентных электронов.

Вычисленные значения ширины запрещенной зоны  $E_g$ , равные 2.7, 2.2 и 3.3 эВ для Li<sub>2</sub>MgZnN<sub>2</sub>, Li<sub>2</sub>MgZnP<sub>2</sub> и Li<sub>2</sub>MgZnAs<sub>2</sub> соответственно, позволяют определить область применения этих кристаллов в частотном диапазоне от зеленой до красной части спектра, что согласуется с данными работы [6]. Такое сочетание свойств делает данную группу привлекательной для использования в качестве многофункциональных материалов.

### **Литература/References**

1. Monkhorst, H.J. Special points for Brillouin-zone integrations / H.J. Monkhorst, J.D. Pack // Phys. Rev. B. – 1976. – 13, №12. – P. 5188-5192.
2. Стародубцева, М. В. Первопринципные расчеты электронной структуры кристаллов  $LiB^{II}C^V$  ( $B=Mg, Ca, Zn$  и  $C=N, P, As$ ) / Ю.М. Басалаев, М.В. Стародубцева // Изв. вузов. Физика. – 2014. Т. 57. № 1. С. 124
3. Jaffe, J.E. Theory of the band-gap anomaly in ABC<sub>2</sub> chalcopyrite semiconductors / J.E. Jaffe, A. Zunger // Phys. Rev. B. – 1984. – 29, N 4. – P.1882.
4. Басалаев, Ю.М. Электронное строение тройных алмазоподобных

соединений со структурой халькопирита / Ю.М. Басалаев, А.С. Поплавной.  
– Кемерово: ИИТ, 2009. – 226 с.

5. Basalaev Yu. M., Poplavnoi A. S. Crystal chemistry, electronic and vibrational structure of compounds with chalcopyrite lattice. Chalcopyrite: Chemical Composition, Occurrence and Uses / editor, Deborah Cronin. Nova Science Publishers, Inc.: New-York, USA, 2014, pp.115-173.

6. Walsh A., Wei S.-H. Theoretical study of stability and electronic structure of Li(Mg,Zn)N alloys: A candidate for solid state lighting/ A. Walsh, S.-H. Wei// Phys. Rev. B. –2007. – 76, N 19 – P.195208.

**РАЗДЕЛ 5.  
ПЕРСПЕКТИВЫ ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ МЕДИЦИНЫ И  
ЗДРАВООХРАНЕНИЯ**

БАСАЛАЕВА О.Г.

**ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ЕДИНОГО ЦИФРОВОГО КОНТУРА  
ЗДРАВООХРАНЕНИЯ**

*Кафедра медицинской, биологической физики и высшей математики  
Кемеровского государственного медицинского университета, г. Кемерово*

BASALAEVA O. G.

**PROSPECTS FOR CREATING A SINGLE DIGITAL HEALTHCARE  
CIRCUIT**

*Department of Medical, Biological Physics and Higher Mathematics  
Kemerovo State Medical University, Kemerovo*

*Аннотация:* в работе исследуются составляющие единого цифрового контура здравоохранения, архитектура информационного взаимодействия, система поддержки принятия решений на базе искусственного интеллекта.

*Ключевые слова:* цифровизация здравоохранения, искусственный интеллект, защита информации.

*Abstract:* the article explores the components of a single digital healthcare circuit, the architecture of information interaction, a decision support system based on artificial intelligence.

*Keywords:* digitalization of healthcare, artificial intelligence, information protection.

**Цель исследования:** проанализировать специфику и оценить возможности и перспективы системы в плане обеспечения качественного информационного взаимодействия между участниками системы здравоохранения.

**Материалы и методы исследования.** Автором проанализированы данные научных статей, аналитических обзоров Интернет-ресурсов,

статистические данные, официальные документы, касающиеся цифровизации здравоохранения.

**Результаты и их обсуждение.** Создание единого цифрового контура здравоохранения происходит в соответствии с рядом решений правительства [3]: Национальный проект «Здравоохранение»; федеральный проект «Создание единого цифрового контура в здравоохранении на основе ЕГИСЗ»; ФЗ № 242-ФЗ от 29.07.2017, определяющий виды информационных систем в здравоохранении (архитектура единого цифрового контура, ЕГИСЗ), телемедицинские технологии, электронные медицинские документы, электронные услуги для граждан.

В мае 2018 года было подписано Постановление Правительства РФ №555 «О единой государственной информационной системе в сфере здравоохранения». Цель создания системы: повышение эффективности управления в сфере здравоохранения, качества оказания медицинской помощи, повышение информированности населения по вопросам получения медицинской помощи и качества обслуживания в медицинских организациях [4]. В октябре 2019 года Президент Российской Федерации подписал Указ «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации». Во всем мире разрабатывается все больше и больше решений в этой области [1]. Искусственный интеллект становится одним из главных драйверов в решении серьезных проблем медицины и здравоохранения, таких как нехватка ресурсов, дальнейшее повышение эффективности, качества и скорости работы [2]. В январе 2021 года приказом Минздрава России утверждена «Ведомственная программа цифровой трансформации Министерства здравоохранения Российской Федерации на 2021 год и на плановый период 2022-2023 годов».

Создание единого цифрового контура здравоохранения подразумевает обмен информацией между различными медучреждениями,

между медучреждениями и региональными системами, между региональными системами и федеральным уровнем.

После разработки и внедрения сервисов регионы получают возможность контролировать показатели Единого цифрового контура, цифровой зрелости, выполнение региональных планов цифровизации. В 2021 г. Минздрав заканчивает формирование федерального регистра граждан льготных категорий. В 2020 г. проводились пилотные проекты по внедрению ВИМИС «Онкология», «Сердечно-сосудистые заболевания», «Акушерство, гинекология и неонатология». В 2021 г. начнется их масштабирование в субъектах РФ. В ближайшее время в трех субъектах РФ в пилотном режиме будет запущено мобильное приложение «Мое здоровье», с помощью которого можно будет воспользоваться цифровыми сервисами здравоохранения. В течение года такая возможность появится у всех граждан Российской Федерации.

К 2024 г. почти 2/3 (63%) граждан будут записываться на прием врачу дистанционно. 80% пользователей портала госуслуг (ЕПГУ) смогут получить медицинские документы в электронном виде в личном кабинете «Мое здоровье» [5]. Информация обо всех случаях оказания медпомощи будет поступать в ЕГИСЗ.

Современные задачи требуют мгновенного доступа к медицинской информации. Повышается потребность в онлайн коммуникациях между специалистами, необходим доступ к информации о пациенте независимо от места оказания помощи. При этом крайне важно защитить личные данные пациентов от утечки. Поэтому для здравоохранения очень важно уже сегодня задуматься о том, как организовать периферийные вычисления. Обеспечить физическую безопасность удаленных устройств, наладить управление ими, организовать внедрение такого оборудования, а также обучить специалистов на местах.

**Выводы.** Таким образом, повышение эффективности функционирования здравоохранения России идет путем дальнейшего развития и углубленного внедрения информационных и платформенных решений, что и должно сформировать так называемый «единый цифровой контур».

### **Литература/References**

1. Басалаева О. Г. Особенности взаимосвязи интеллектуальной культуры, искусственного интеллекта и творческого процесса // Вестник Кемеровского государственного университета культуры и искусств. – Кемерово. – 2017. – № 40. – С. 140-145. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://vestnik.kemgik.ru/upload/iblock/f1e/f1e927ea9bbb33ab6813e1ab9bbbffd9.pdf>. (Дата обращения: 10.09.2021).

2. Басалаева О. Г. Социальная реальность и искусственный интеллект. Опыт социологического опроса студентов КемГМУ / О. Г. Басалаева, О. В. Головкин, Е. В. Просвирина, Ю. М. Басалаев // Вестник общественных и гуманитарных наук. – 2021. – № 2(3). – С. 37-42.

3. Национальный проект «Здравоохранение». – Режим доступа: <https://национальныепроекты.рф/projects/zdravookhranenie> (Дата обращения: 30.10.2021)

4. Портал оперативного взаимодействия участников ЕГИСЗ. – Режим доступа: <portal.egisz.rosminzdrav.ru> (Дата обращения: 30.10.2021)

5. Умное здравоохранение. – Режим доступа: [https://национальныепроекты.рф/projects/zdravookhranenie/umnoe\\_zdravookhranenie](https://национальныепроекты.рф/projects/zdravookhranenie/umnoe_zdravookhranenie) (Дата обращения: 30.10.2021)

ЕГОРОВА Т. И., ДОЧКИНА И. С.

## **РОБОТИЗИРОВАННАЯ ХИРУРГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА DA VINCI**

*Кафедра медицинской, биологической физики и высшей математики*

*Кемеровского государственного медицинского университета, г. Кемерово*

Научный руководитель – к.филос.н., доцент Басалаева О. Г.

EGOROVA T. I., DOCHKINA I. S.

**DA VINCI ROBOTIC SURGICAL SYSTEM**

*Department of Medical, Biological Physics and Higher Mathematics*

*Kemerovo State Medical University, Kemerovo*

Supervisor – Ph. D, Associate Professor O. G. Basalaeva

*Аннотация:* работа посвящена обзору роботизированной системы, используемой в различных отраслях хирургии, включая общие принципы конструирования подобных систем.

*Ключевые слова:* телехирургия, телеассистирование, роботизация, инновации.

*Abstract:* the article is devoted to an overview of the robotic system used in various branches of surgery, including the general principles of designing such systems.

*Keywords:* tele-surgery, tele-assistion, robotization, innovation.

**Цель исследования:** изучить особенности и оценить возможности роботизации отечественной хирургии.

**Материалы и методы исследования.** Авторами проанализированы данные научных статей, аналитических обзоров клиник, применяющих робота-ассистента для проведения операций.

**Результаты и их обсуждение.** Два последних десятилетия XXI века характеризуются значительными изменениями в хирургической технике и оперативной технологии. Обсуждение роботизированной хирургии в последние годы является одной из ключевых тем мировых конгрессов в области общей хирургии, урологии, гинекологии, кардиохирургии и

грудной хирургии. Минимально инвазивная робототехника является новой специальностью медицины, которая соединяет высококвалифицированную работу хирурга с самой современной технологией – микромеханикой, трехмерным изображением и компьютерным управлением. В настоящее время наиболее распространены телехирургические системы DaVinci, AESOP и ZEUS и другие [2].

Робот DaVinci – это система, предназначенная для робот-ассистированной лапароскопии. Система имеет несколько манипуляторов и повторяет движения человеческих рук в теле пациента. Хирург находится за панелью управления, видит операционное поле при помощи стереоскопического видеоканала и посредством джойстиков управляет инструментами в «руках» робота. С помощью этих инструментов, вводимых в тело пациента через проколы в коже, операция проводится с большой точностью. При работе робота в операционной следует также учитывать, что хирург не является специалистом по робототехнике, поэтому интерфейс и управление системой должны быть простыми и интуитивно понятными. Сама система не должна иметь неясных моментов в своем поведении – автоматически избегать мертвых точек, ограничений в механической подвижности суставов, столкновений своих частей. Роботизированная система должна быть достаточно мобильной и быстро реконфигурируемой для быстрой установки новых инструментов, изменения рабочего положения всей системы относительно больного [3]. Поэтому при разработке системы требуется проанализировать большое количество влияющих на ее структуру и содержание факторов [1, с. 31].

Роботизированная система DaVinci состоит из трех основных частей, которые образуют единое функциональное поле: панель управления, операционная панель и оптическая система.

Панель управления – это место работы врача-оператора, откуда он управляет движением инструментов внутри тела пациента. Второй элемент управления – это ножные педали, с помощью которых регулируются коагуляция инструментов, фокусировка камеры и переключение между рабочими манипуляторами. Хирург следит за ходом операции с помощью оптического устройства, которое предоставляет ему реальное пространственное изображение операционного поля. Такое изображение позволяет осуществлять интуитивное управление системой, в особенности определение положения инструментов внутри тела пациента (можно различить глубину). При работе с системой через панель управления можно регулировать некоторые настройки, в частности, градуируемость движений рук по отношению к движению инструментов.

Операционная (хирургическая) панель – это часть системы, которая находится в прямом контакте с пациентом, и поэтому в течение всей операции она имеет специальное стерильное покрытие. В зависимости от конфигурации операционная панель содержит 2 или 3 рабочих манипулятора с закрепленными на них инструментами, а также один манипулятор с камерой.

Роботизированные руки-манипуляторы с семью степенями свободы, интуитивная 3D визуализация, эргономичная консоль для хирурга-оператора, уникальные запатентованные микрохирургические инструменты EndoWristR - все это и есть робот-хирург DaVinci. Однако собственно хирургом его можно назвать только образно. Всем ходом операции, разумеется, управляет хирург-человек. От него зависят все, даже самые мельчайшие движения, которые выполняют «руки» робота [4].

Оптическое устройство. Эта часть системы предназначена для обработки изображения со стереоскопической камеры, находящейся на операционной панели. В комплексе DaVinci используется система обзора InSite.

Операции с использованием робота DaVinci на сегодняшний день уже успели спасти жизни сотням пациентов. Это, в том числе, и люди, которые в силу возраста и слабого здоровья просто не смогли бы перенести открытой операции, и даже младенцы с врожденными аномалиями, которые бы их убили в первые сутки жизни.

**Выводы.** В перспективе сфера применения системы DaVinci будет только расширяться. Возможно со временем, пациенты избавятся от необходимости проходить через сложные операции с большой травматичностью, кровопотерями, долгим реабилитационным периодом и сильными болевыми ощущениями [4]. За робототехникой в хирургии, несомненно, большое будущее, характеризующееся значительными изменениями в хирургической технике и оперативной технологии, которые связаны с инженерными инновациями, использующими самые современные технологии – хирургическую роботизацию.

#### **Литература/References**

1. Алдохина, О. И. Информационно-аналитические системы и сети [Текст]. Ч.1. Информационно-аналитические системы: учебное пособие / О. И. Алдохина, О. Г. Басалаева. – Кемерово: КемГУКИ, 2009. – 162 с.

2. Аполихин, О. И. Телеассистирование в диагностике и лечении урологических заболеваний / О. И. Аполихин, А. В. Сивков, А. В. Владзимирский, И. А. Шадеркин, А. А. Цой, М. М. Зеленский // Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения. – 2015. – Режим доступа: <https://jtelemed.ru/article/teleassistirovanie-v-diagnostike-i-lechenii-urologicheskikh-zabolevanij> (Дата обращения: 05.10.2021)

3. Мареев, О. В. Проблемы создания систем хирургической робототехники (часть 1) / О. В. Мареев, Г. О. Мареев, Р. В. Федоров // Мир науки, культуры, образования. – 2014. – № 5. – С. 218-222

4. Хирургия с использованием робота «да Винчи» в Израиле. – Режим доступа: <https://www.imcs-4u.com/procedury/hirurgiya-s-robotom-da-vinchi.html> (Дата обращения: 05.10.2021)

ЕГОШИН Д.Е.

### **ТЕРМИНАЛ ДЛЯ ВАКЦИНАЦИИ**

*Кафедра медицинской, биологической физики и высшей математики  
Кемеровского государственного медицинского университета, г. Кемерово*  
Научный руководитель – к.х.н., заведующий кафедрой медицинской,  
биологической физики и высшей математики Просвиркина Е.В.

EGOSHIN D.E

### **VACCINATION TERMINAL**

*Department of medical & biological physics  
Kemerovo State Medical University, Kemerovo*  
(for students) Supervisor: PhD, Head of the Department of Medical, Biological  
Physics and Higher Mathematics Prosvirkina E.V.

*Аннотация:* COVID-19 - это вирусное заболевание с преимущественным поражением легочной ткани. О вирусе впервые стало известно в декабре 2019 года, когда власти Китая сообщили ВОЗ о смерти пациента из города Ухань. Вирус быстро вышел за границы Китая и начал стремительно распространяться, приобретая статус «пандемии». В статье представлена идея которая уменьшит риск инфицирования людей и увеличит число вакцинируемых а так же максимально автоматизирует этот процесс.

*Ключевые слова:* Доступная вакцинация, низкий риск заражения, облегчение вакцинации, COVID-19.

*Abstract:* COVID-19 is a viral disease with a predominant lesion of the lung tissue. The virus first became known in December 2019, when the Chinese

authorities informed WHO about the death of a patient from the city of Wuhan. The virus quickly moved beyond the borders of China and began to spread rapidly, acquiring the status of a "pandemic". The article presents an idea that will reduce the risk of infection of people and increase the number of vaccinated as well as automate this process as much as possible.

*Keywords:* Affordable vaccination, low risk of infection, easier vaccination, COVID-19

**Цель исследования:** Россия существенно отстает по уровню вакцинации от большинства стран что делает её уязвимой для новых штаммов коронавируса, а единственный разработанный на сегодняшний день способ борьбы с пандемией — это массовая вакцинация населения государства, но основным препятствием для массовой вакцинации является скопление не вакцинированных людей что увеличивает риск заражения населения.

**Материалы и методы исследования.** Во время вакцинации при помощи медицинского персонала человек имеет высокий шанс заразиться, но представим если бы вместо медицинского персонала человека вакцинировал бы автомат, который работает в автономном режиме круглосуточно и не требующий специальных площадки для установления. Ключевые технологии уже существуют и их достаточно объединить чтобы получить терминал для вакцинации а именно: оборудование для вакцинации (Spasilen (<https://spasilen.com/>), шприц-пистолет Калашникова (<https://amk43.ru/shop/shprits-pistolet-kalashnikova/>)), диагностическое оборудование, оборудования для предоставления услуг (терминалы).

**Результаты и их обсуждение.** Терминал для вакцинации может устанавливаться в любом помещении, имеющем требуемый микроклимат, и оборудованном электроснабжением и Wi-Fi подключением. Желающий вакцинироваться должен быть зарегистрирован на портале Госуслуги. Он активирует сенсорный дисплей терминала, входит в личный кабинет и

выбирает услугу «Вакцинация в терминале», отвечая в голосовом диалоге на задаваемые вопросы и подтверждая согласие на вакцинацию.

**Выводы.** Внедрение терминалов для вакцинации устранит препятствия для вакцинации, связанные со сложностями рабочего графика, сделав услугу доступной круглосуточно, уменьшит возможность заражения на пунктах вакцинации, освободит медицинский персонал, сделает вакцинацию доступной.

### **Литература/References**

1. Прожерина Юлия ВАКЦИНА ПРОТИВ COVID-19 - В ПОИСКАХ СПАСЕНИЯ // Ремедиум. 2020. №4-6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vaktsina-protiv-covid-19-v-poiskah-spaseniya> (дата обращения: 27.10.2021).

2. Авторское свидетельство № 105822 А1 СССР, МПК А61М 5/20, А61М 5/142. Шприц-автомат : № 454528 : заявл. 12.08.1954 : опубл. 01.01.1957 / А. Н. Орехов: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39503315> (дата обращения 28.10.2021)

3. Dong E., Du H., Gardner L. Интерактивная веб-панель мониторинга для отслеживания COVID-19 в режиме реального времени //Инфекционные болезни Ланцета. – 2020. – Т. 20. – №. 5. – С. 533-534: [https://www.thelancet.com/journals/laninf/article/PIIS1473-3099\(20\)30120-1/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/laninf/article/PIIS1473-3099(20)30120-1/fulltext) (дата обращения 28.10.2021)

4. Романова Светлана Рейтинг предприятий по выпуску шприцев-инъекторов за 2014 год // Ремедиум. 2016. №1-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rejting-predpriyatij-po-vypusku-shpritsevinektorov-za-2014-god> (дата обращения: 28.10.2021).

КОЖЕНКОВА А.С., МИТИНА М.К.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИГРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В  
ФИЗИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ЛЮДЕЙ ПОСЛЕ ИНСУЛЬТА**

*Кафедра физической культуры*

*Кемеровского государственного медицинского университета, г. Кемерово*

Научный руководитель – ст. преподаватель Суханов Е.Л.

KOZHENKOVA A.S., MITINA M.K.

**THE USE OF MODERN GAMING TECHNOLOGIES IN THE  
PHYSICAL REHABILITATION OF PEOPLE AFTER A STROKE**

*Department of Physical Culture*

*Kemerovo State Medical University, Kemerovo*

Supervisor – Senior lecturer Sukhanov L.E.

*Аннотация.* В поисках более оптимальных методов реабилитации пациентов после инсульта ученые обратили внимание на современные достижения в игровой индустрии.

*Ключевые слова:* инсульт, реабилитация, физические упражнения, видеоигры.

*Abstract.* In search of more optimal methods of rehabilitation after a stroke, scientists turned their attention to the game technologies.

*Keywords:* stroke, rehabilitation, physical exercises, video-games.

По данным Всемирной Организации Здравоохранения инсульты являются ведущей причиной смертности населения. Среди пациентов, перенесших инсульт, больше половины людей подвержены рецидиву заболевания в последующие 5 лет. Высокая распространенность патологии и тяжелая инвалидизация в постинсультный период ставит проблему

физической и неврологической реабилитации приоритетной для мирового сообщества врачей [1].

**Цель исследования:** оценить эффективность использования достижений современной игровой индустрии в процессе реабилитации пациентов после инсульта.

**Материалы и методы исследования.** При написании данной статьи был использован анализ научно-методической литературы и результатов научных исследований, применялись общенаучные методы исследования и были выявлены причинно-следственные связи.

**Результаты и их обсуждение.** Ежегодно в России регистрируются около 450 тыс. инсультов. Около 25% из них относятся к повторным. Поэтому реабилитация пациентов в постинсультный период имеет большое значение – она восстанавливает общую работоспособность и снижает риск возникновения рецидивов [2].

Главными задачами реабилитационной программы пациента являются активизация больного, предупреждение осложнений, вызванных гипокинезией, и восстановление физических возможностей. С этой целью активно используются методы лечебной физической культуры, гимнастические упражнения и специализированные физические тренажеры.

Программа физических упражнений составляется индивидуально для каждого пациента, но условно циклы упражнений можно разделить на гимнастику для лежачих, сидячих и пациентов, способных стоять.

На сегодняшний день было достоверно установлено, что повышение мотивации в первую очередь влечет за собой положительный эффект любой терапии. Повышению мотивации активно способствует применение интерактивно-игровых форм деятельности, что в реалиях современного мира позволяет ученым задуматься об объединении традиционных комплексов упражнений с современными компьютерными технологиями.

Одной из наиболее перспективных возможностей является использование продукции компании «Nintendo», с 2006 г. выпускающей такие консоли, как Wii, Wii U, Nintendo Switch с дополнительными контроллерами Wii Balance Board, пульт Wii, пульт Wii Plus, Ring-Con, Leg-Strap. Несмотря на то, что коммерческой целью данной компании не является выпуск продуктов медицинского назначения, они дают возможность сочетать физическую нагрузку, необходимую пациентам, с ее положительным эмоциональным подкреплением [4].

Помимо нарушений двигательных функций конечностей у пациентов, перенесших инсульт, также отмечается нарушение равновесия и осанки. Использование технологии представленной в Wii Balance Board помогает эффективно улучшить баланс тела и облегчить состояние пациента.

При физической и неврологической реабилитации пациентам предлагаются многократно повторяющиеся однообразные упражнения для улучшения общей функции. Использование игровых приставок дает возможность разнообразить рутинные действия путем совмещения физической активности с яркой, заинтересовывающей визуальной составляющей игр, что вызывает повышение мотивации к продолжению выполнения комплексов упражнений в составе реабилитации.

В результате исследования пациенты отмечали, что совмещение традиционной практики упражнений с игровой формой данных комплексов является для них положительным опытом. Об этом говорили даже те пациенты, которые в повседневной жизни до инсульта не интересовались компьютерными играми.

Использование игровых приставок характеризуется портативностью, то есть позволяет маломобильным пациентам иметь дополнительную мотивацию и физическую возможность выполнять комплексы упражнений на дому, что дополнительно снижает стресс от пребывания в медицинских учреждениях.

Негативным последствием является существенная нагрузка на зрительный аппарат, так как возможным последствием инсульта является возникновение зрительных нарушений. Не рекомендуется использование цифровой реабилитации людям, страдающим эпилептическими припадками и повышенной светочувствительностью, потому как в играх используются визуальные эффекты, включающие мерцание, вспышки света, быструю смену ярких изображений и другое.

**Выводы.** Использование современных технологий в курсе реабилитации имеет как положительные, так и отрицательные стороны. Отмечается однозначное положительное влияние на мотивацию при выполнении рутинных упражнений, что дает основание для развития в дальнейшем данных технологий в медицине.

#### **Литература/References**

1. Ярута А. А. Первичная профилактика инсультов: учебное пособие для студентов / А. А. Ярута, С. И. Леонтьева; ФГБОУ ВО ИГМУ Минздрава России, Институт сестринского образования, кафедра теории и практики сестринского дела. – Иркутск: ИГМУ, 2016. – 55 с.

2. Bonnechère, Bruno et al. “The use of commercial video games in rehabilitation: a systematic review.” *International journal of rehabilitation research. Internationale Zeitschrift für Rehabilitationsforschung. Revue internationale de recherches de readaptation* vol. 39,4 (2016): 277-290.

3. Mouawad, M. R., Doust, C. G., Max, M. D., & McNulty, P. A. (2011). Wii-based movement therapy to promote improved upper extremity function post-stroke: a pilot study. *Journal of rehabilitation medicine*, 43(6), 527–533.

4. Paquin, K., Ali, S., Carr, K., Crawley, J., McGowan, C., & Horton, S. (2015). Effectiveness of commercial video gaming on fine motor control in chronic stroke within community-level rehabilitation. *Disability and rehabilitation*, 37(23), 2184-2191.

КОЙНОВ Д. В., МИХАЙЛОВА И. А.

**СОВРЕМЕННЫЕ МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ: ТЕРАПИЯ  
ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ**

*Кафедра медицинской, биологической физики и высшей математики  
Кемеровского государственного медицинского университета, г. Кемерово*  
Научный руководитель – к.филос.н., доцент Басалаева О. Г.

KOINOV D. V., MIKHAILOVA I. A.

**MODERN MEDICAL TECHNOLOGIES: VIRTUAL REALITY  
THERAPY**

*Department of Medical, Biological Physics and Higher Mathematics  
Kemerovo State Medical University, Kemerovo*  
Supervisor – Ph. D, Associate Professor O. G. Basalaeva

*Аннотация:* в работе рассмотрены определения технологии виртуальной реальности и терапии виртуальной реальности, оценены позитивные и негативные аспекты использования технологии в медицине.

*Ключевые слова:* виртуальная реальность, терапия виртуальной реальности, искусственный интеллект.

*Abstract:* the article considers the definitions of virtual reality technology and virtual reality therapy, evaluates the positive and negative aspects of the use of technology in medicine.

*Keywords:* virtual reality, virtual reality therapy, artificial intelligence.

**Цель исследования:** изучить современный подход к лечению и профилактике заболеваний на основе виртуальной реальности и определить положительные и отрицательные стороны данного неинвазивного метода.

**Материалы и методы исследования.** Авторами проанализированы клинические картины из научных работ и статей, содержащих теоретические и прикладные разработки.

**Результаты и их обсуждение.** Современная концепция охраны здоровья подразумевает непрерывный поиск методов сохранения здоровья человека. Помимо классических инвазионных методик, популярность набирают альтернативные меры воздействия на человеческий организм неинвазионными путями. Одним из таких способов является терапия виртуальной реальности, активно набирающая популярность в условиях развития вычислительных технологий и искусственного интеллекта. В современной реальности, системы искусственного интеллекта развиваются в различных сферах общества, в том числе и медицине [1].

Виртуальную реальность можно определить как воссоздание реальных условий окружающей среды в компьютерных условиях, с целью получения реакции на созданные раздражители (слуховые, тактильные или визуальные). Технологии виртуальной реальности используют мультисенсорную стимуляцию, то есть воздействуют более чем на одну сенсорную систему организма [2, с. 5-8]. При этом уровень погружения может быть ранжирован, с чем связана пассивность или активность взаимодействия. Пассивное действие обеспечивается просмотром ролика (сам испытуемый не участвует в симуляции), то есть его погружение является чисто визуальным, активное действие же отражено в аватаре, которым манипулирует испытуемый посредством реальных действий: движений рук, ног и джойстика [3, с. 173-177].

Опираясь на определении виртуальной реальности, можно сформулировать понятие терапии виртуальной реальности. Терапия виртуальной реальности – это процесс, способный психологически и в некоторых случаях физически повлиять на восприятие и состояние конкретного индивидуума с конкретным заболеванием. Это не

универсальная терапия. Она подбирается для каждого человека индивидуально, в зависимости не только от его личностных характеристик, но и заболевания соответственно [4, с. 78].

При рассмотрении применения технологий виртуальной реальности в медицине необходимо определить положительные и отрицательные стороны методики. К позитивным аспектам можно отнести:

1. Повышение мотивации к терапии, в случае ранней реабилитации (например, при восстановлении после инсульта путем интерактивных игр) [3, с. 173-177].

2. Способность снизить болевой порог путем отвлечения пациента от источника боли [5].

3. Восстановление когнитивных функций происходит в более легком режиме, путем игровых манипуляций с пациентом.

4. Позволяет определять стимулы к развитию того или иного заболевания в социальной сфере (например, обнаружение стимула к расстройству пищевого поведения).

5. Решение вопросов психологических зависимостей:

5.1. Позволяет определять стимулы к употреблению наркотических или иных веществ пациентом.

5.2. Улучшает навыки решения проблем и отказа от стимула.

5.3. Улучшает осознание происходящего в реальной социальной сфере.

Несмотря на ряд положительных сторон, можно выделить и минусы, как воздействия, так и самой методики:

1. Методика требует относительно больших затрат на обеспечение.

2. Решение проблем в виртуальной реальности способно вызвать нежелание сталкиваться с проблемой в реальной среде.

3. Формирование зависимости от сверхстимуляции [4, с. 78].

**Выводы.** В результате анализа научной литературы можно уверенно определить, что методика виртуальной терапии достаточно перспективна, однако, упоминаний о ее использовании в России недостаточно. Таким образом, можно сделать вывод, что технология развита крайне слабо и популярностью не пользуется.

### **Литература/References**

1. Басалаева О. Г. Социальная реальность и искусственный интеллект. Опыт социологического опроса студентов КемГМУ / О. Г. Басалаева, О. В. Головкин, Е. В. Просвирина, Ю. М. Басалаев // Вестник общественных и гуманитарных наук. – 2021. – № 2(3). – С. 37-42.

2. Abadía M.F., Quintana M.S., Calvo P.Á.M. Application of topographical capture techniques for modelling virtual reality: from the static object to the human figure // Virtual technologies for business and industrial applications: innovative and synergistic approaches. – IGI Global. – 2011. – p. 181–200. – Режим доступа: <https://www.igi-global.com/gateway/chapter/43411> (Дата обращения: 10.09.2021).

3. Volovik M.G., Borzikov V.V., Kuznetsov A.N., Bazarov D.I., Polyakova A.G. Virtual reality technology in complex medical rehabilitation of patients with disabilities (review) // Sovremennye tehnologii v medicine. – 2018. – № 10(4). – p. 173–182. – Режим доступа: <https://doi.org/10.17691/stm2018.10.4.21> (Дата обращения: 10.09.2021).

4. Kuzmina A.S. Virtualnaya realnost kak sredstvo bezopasnogo kontakta s travmiruyushey realnostyu v psihoterapii // Vestnik RUDN. Seriya: Ekologiya i bezopasnost zhiznedeyatel'nosti. – 2014. – № 3. – p. 74-81.

5. Котельникова А.В., Погонченкова И.В., Даминов В.Д., Кукшина А.А., Лазарева Н.И. Виртуальная реальность в коррекции болевого синдрома у пациентов с дегенеративно-дистрофическими заболеваниями крупных суставов и позвоночника // Вестник восстановительной медицины. – 2020. –

№ 96 (2). – р. 41-48. – Режим доступа: <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-96-2-41-48> (Дата обращения: 10.09.2021).

РОМАНОВА М.М., ЧЕРНОВ А.В.

**ОЦЕНКА И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВОЙ  
КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПСИХОМЕТРИЧЕСКОГО  
ТЕСТИРОВАНИЯ**

*Кафедра физической и реабилитационной медицины, гериатрии ИДПО  
Воронежского государственного медицинского университета им. Н.Н.  
Бурденко Минздрава России, г. Воронеж, Россия*

ROMANOVA M.M., CHERNOV A.V.

**ASSESSMENT AND PROSPECTS OF APPLICATION OF DIGITAL  
COMPUTER TECHNOLOGY OF PSYCHOMETRIC TESTING**

*Department of Physical and Rehabilitation Medicine, Geriatrics of the  
Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko of the Ministry  
of Health of Russia, Voronezh, Russia*

*Аннотация:* статья посвящена результатам исследования по разработке и изучению цифрового программного обеспечения для оптимизации и повышения эффективности реабилитационных мероприятий.

*Ключевые слова:* цифровая технология, реабилитация, психометрическое тестирование

*Abstract:* The article is devoted to the results of research on the development and study of digital software for optimization and improvement of the effectiveness of rehabilitation measures.

*Keywords:* digital technology, rehabilitation, psychometric testing

В современных условиях мировой пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19 буквально в режиме реального времени роль цифровых технологий неуклонно и ежедневно возрастает в жизни человека и общества, включая научную медицину и практическое здравоохранение [4, 5].

Период пандемии ярко обозначил проблемы в организации медицинской помощи при проведении реабилитационных мероприятий в стране, включая связанные болезнями системы кровообращения [2]. Медико-социальные аспекты реабилитации пациентов после перенесенной новой коронавирусной инфекции тесным образом связаны с психологическими и социальными аспектами [3, 9], что обусловлено в том числе с формированием у ряда лиц постковидного синдрома, включая поражение центральной нервной системы и когнитивные расстройства [3, 4]. Уже наблюдается и ожидается большое количество проблем, связанных с физическими, когнитивными и психосоциальными нарушениями у людей до, во время пандемии, а также после нее [2, 9]. Поэтому представляется актуальным разработка цифровых компьютерных технологий для оптимизации и повышения эффективности оказания медицинской помощи при проведении реабилитационных мероприятий.

**Цель исследования:** разработка и изучение эффективности применения цифрового программного обеспечения психометрического тестирования.

**Материал и методы.** В работе использовались язык программирования C#, технология ADO.NET Entity Framework (EF) [1, 10], методы системного, дискриминантного и сравнительного анализа, формализованные методы анализа, синтеза, систем сбора и обработки данных, встроенные возможности генерации графиков, отчетов и анализа распределения. В исследовании применялось разработанное нами компьютерное приложение по психометрическому тестированию,

включавшее батарею тестов, в том числе опросники FPI, ТОБОЛ, Гамильтона, объединенных в единую базу данных. В условиях свободной выборки в основную группу было включено 28 пациентов с заболеваниями сердечно-сосудистой системы. Средний возраст составил  $46,62 \pm 8,4$  лет. При статистической обработке данных применялись параметрические и непараметрические критерии.

**Результаты и их обсуждение.** Согласно статистической обработке результатов, полученных при проведении психометрического тестирования с применением разработанного цифрового программного обеспечения установлено, что для пациентов старших возрастных групп были характерны выявлен высокий уровень тревоги, средний уровень депрессии, раздражительность и предрасположенность к депрессивному и стрессовому реагированию на обычные жизненные ситуации. При этом тревожно-депрессивные расстройства разной степени выраженности выявлены у 76 % из обследованных лиц. Для внутренней картины болезни были характерны и встречались достоверно ( $p < 0,05$ ) чаще других такие типы отношения к болезни как апатический, obsессивно-фобический, тревожный и неврастенический типы. Наиболее редко встречались гармоничный и эргопатический типы отношения к болезни.

Российские эксперты подчеркивают, что COVID-19 может вызывать в том числе нейрокогнитивные и психические нарушения, что при проведении реабилитационных мероприятий «обучение больного (и его родственников) играет ключевую роль в любой программе реабилитации и формировании позитивной мотивации» [2]. Безусловно, рациональная организация школ здоровья для пациентов [6, 7, 8], будет способствовать повышению эффективности реабилитационных мероприятий.

**Выводы.** Разработанное нами программное приложение может быть использовано на этапах проведения медицинской реабилитации, в том числе при проведении консультирования с применением телемедицинских

технологий, при разработке и реализации индивидуальных программ реабилитации постковидных пациентов. У обследованных пациентов с болезнями системы кровообращения выявлены субклинически и клинически выраженные расстройства аффективной сферы, личностные характеристики, влияющие на формирование тревожно-депрессивных расстройств, в большинстве случаев неблагоприятная внутренняя картина болезни, особенно среди лиц старших возрастных групп. Результаты исследования свидетельствуют о необходимости усиления психологической, а у ряда пациентов психотерапевтической составляющей при проведении лечебных и реабилитационных мероприятий.

### **Литература/References**

1. Иванов С. О., Ильин Д.В., Большаков И.Ю. Сравнительное тестирование языков программирования // Вестник Чувашского университета . - 2017. - №2. – С. - 222-227.

2. Новая коронавирусная инфекционная болезнь COVID-19: особенности комплексной кардиологической и респираторной реабилитации Бубнова М. Г. и др. // Российский кардиологический журнал. – 2021. Т.26, № 5. - С. 44-87.

3. Постковидный синдром: опыт терапевта и психотерапевта. - URL: <https://shopdon.ru/blog/postkovidnyy-sindrom-opyt-terapevta-i-psikhoterapevta/> (Дата обращения: 20.10.2021)

4. Реабилитация после COVID-19: проблемы и возможности. URL: <http://council.gov.ru/media/files/k2bagAToYCeVPZ9QMSTX78x3CEqMFvg.pdf> (Дата обращения: 28.10.2021)

5. Рекомендации для медицинских работников, находящихся в условиях повышенных психоэмоциональных нагрузок в период пандемии COVID-19. - М., 2020. - 46 с.

6. Романова М.М., Алексенко А.С. Особенности оптимизации организации школ здоровья в центре здоровья // Вопросы диетологии. - 2011. - Т. 1, № 3. - С. 6-7.

7. Романова М.М., Алексенко А.С., Музалькова Т.И. Оценка возможностей модификации факторов риска развития неинфекционных заболеваний в центре здоровья // Профилактическая медицина. - 2012. - Т. 15, № 2-1. - С. 122.

8. Ширяев О.Ю. Анализ особенностей пищевого поведения у лиц с избыточной массой тела / О.Ю. Ширяев и др. // Прикладные информационные аспекты медицины. - 2014. - Т.17, № 1. - С.183-187.

9. Shigemura J., Ursano R.J., Morganstein J.C., Kurosawa M., Benedek D.M. Public responses to the novel 2019 coronavirus (2019 – nCoV): mental health consequences and target populations. *Psychiatry Clin. Neurosci.* 2020; (February).

10. EntityFramework - URL:<http://msdn.microsoft.com/ru-ru/data/ef.aspx/>. (дата обращения 20.10.20).

СЕЛИНА Е. И.

**ТЕЛЕМЕДИЦИНА В РОССИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ  
РАЗВИТИЯ**

*Кафедра медицинской, биологической физики и высшей математики  
Кемеровского государственного медицинского университета, г. Кемерово*

Научный руководитель – к.филос.н., доцент Басалаева О. Г.

SELINA E. I.

**TELEMEDICINE IN RUSSIA: PROBLEMS AND PROSPECTS OF  
DEVELOPMENT**

*Department of Medical, Biological Physics and Higher Mathematics  
Kemerovo State Medical University, Kemerovo*

Supervisor – Ph. D, Associate Professor O. G. Basalaeva

*Аннотация:* работа направлена на изучение современного состояния телемедицины, как способа передачи медицинской информации с помощью современных медицинских сетевых технологий.

*Ключевые слова:* телемедицина, медицинская информация, коммуникация, Интернет.

*Abstract:* the article is aimed at studying the current state of telemedicine as a way of transmitting medical information using modern medical network technologies.

*Keywords:* telemedicine, medical information, communication, Internet.

**Цель исследования:** изучить особенности применения телемедицинских технологий для современной отечественной медицины.

**Материалы и методы исследования.** Автором проанализированы данные научных статей, аналитических обзоров Интернет-ресурсов, статистические данные, Федерального Закона «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам применения информационных технологий в сфере охраны здоровья».

**Результаты и их обсуждение.** Дистанционная медицинская коммуникация (телемедицина), на сегодняшний день, является одним из современных способов передачи медицинской информации между разными пунктами с помощью современных медицинских технологий. Дистанционная медицинская коммуникация может трактоваться «как передача некоторого содержания, посредством знаков» [1]. Медицинская коммуникация осуществляется в двух вариантах: между врачами, между врачом и пациентом. Связь может передаваться не только с помощью готовых результатов лечения и исследований, но и посредством проведения видеосвязи в режиме реального времени.

Телемедицина начала своё развитие в начале XX века (в 1905 г.) благодаря профессору физиологии Лейденского университета В. Эйтховену, который смог осуществить трансляцию электрокардиограммы на расстояние 1,5 километра (из домашней лаборатории в клинику университета), используя только телефонный кабель. В 1949 г. была впервые проведена видеоконференция медицинских работников по поводу развития дистанционных консультаций.

Отечественные медицинские видеоконференции между врачами и научными работниками, а также дистанционные консультации для космонавтов начали активно проводиться с 1960-х гг. Космонавтов подключали к специальным датчикам, благодаря которым их состояние могли постоянно отслеживать врачи на Земле [3]. В 2017 г. в Москве был открыт первый мини-офис для предоставления телемедицинских услуг как экспериментальный и пробный вариант. Он и стал предпосылкой для дальнейшего развития телемедицины в России. Во многом переломным для России стал 2018 г., когда начал действовать Федеральный закон № 242 ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам применения информационных технологий в сфере охраны здоровья», который предусматривает возможность оказания медицинской помощи, наблюдение за состоянием здоровья пациента и выписку ему необходимых лекарственных средств в дистанционном формате.

На федеральном уровне были созданы две глобальные телемедицинские платформы, на которых можно консультироваться в плановом и экстренном порядке: ТМК ФЭР (телемедицинские консультации федеральный электронный регистр – плановые консультации), ЦМК «Защита» – на которой можно консультироваться, в том числе экстренно [4]. Создан реестр медицинских учреждений, которые могут консультироваться на этих платформах – федеральные учреждения,

которые, как правило, консультируют врачей из регионов и ЛПУ, с государственной формы собственности 2 и 3 уровня [5].

В начале 2019 г. был представлен отчёт по развитию телемедицинских услуг в России. В результате, объем медицинских услуг составил около 81 тысячи. Основными были 2 услуги: разбор результатов ЭКГ (80,4%) и рентген-исследований (16%). Больше всего услуг с применением телемедицинских технологий оказывалось в Сибирском и Уральском федеральных округах. К 2021 г. определились лидеры в области дистанционных консультаций: «Яндекс.Здоровье», «СберЗдоровье», «DOC+», «Qapsula», «Medved.Telemed».

В современном медицинском образовании, как основном, так и дополнительном, также, активно начали внедрять дистанционное медицинское обучение для врачей и студентов, проводимое в таком же формате, что и телемедицина. Так как назрела острая необходимость исключения диссонанса между потребностями стремительно изменяющегося общества и консерватизмом системы образования [2]. Дистанционное обучение помогает комфортнее осваивать профессию и получать необходимую базу знаний, даже, в период локдаунов.

**Вывод.** Телемедицина, в России, как и во всем мире, трансформировалась от обычных консультаций к длительному (непрерывному) мониторингу состояния здоровья с использованием медицинских приборов, что можно считать одним из наиболее перспективных новых направлений с клинической эффективностью.

### **Литература/References**

1. Балабанов П. И. Особенности процессов коммуникации в науке, культуре и обществе / П. И. Балабанов, О. Г. Басалаева // Вестник Кемеровского государственного университета культуры и искусств. – 2015. – № 32(3). – С. 127-132. – Режим доступа:

<http://vestnik.kemgik.ru/upload/iblock/a28/a28dd5a4c4664d6a0372ec9d556d17e4.pdf>. (Дата обращения: 10.10.2021)

2. Басалаева, О. Г. Новая парадигма образования в условиях перехода от общества знания к обществу конвергенции наук и технологий / О. Г. Басалаева, А. С. Валялина, А. В. Салебо // Мир науки. – 2015. – № 3. – С. 1-5. – Режим доступа: <http://mir-nauki.com/PDF/12PDMN315.pdf> (Дата обращения: 05.10.2021)

3. Владзимирский, А. В. Телемедицина / А. В. Владзимирский, Г. С. Лебедев. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2018

4. Портал оперативного взаимодействия участников ЕГИСЗ. Официальный сайт. – Режим доступа: <https://portal.egisz.rosminzdrav.ru/materials/3245> (Дата обращения: 10.10.2021)

5. Шадеркин, И.А. Дистанционные медицинские консультации пациентов: что изменилось в России за 20 лет / И. А. Шадеркин, В. А. Шадеркина // Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения. – 2021. – №7(2) . – С. 7-17. – Режим доступа: <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2021-7-2-7-17> (Дата обращения: 10.10.2021)

**ВИХРОВ И.П., АШИРБАЕВ Ш.П.**

**ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ  
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА, ВКЛЮЧАЯ  
ЗДРАВООХРАНЕНИЕ, В ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ**

*Инновационный центр  
Ташкентского педиатрического медицинского института, г. Ташкент,  
Республика Узбекистан*

**VIKHROV I.P., ASHIRBAYEV SH.P.**

## **RESEARCH TRENDS IN ARTIFICIAL INTELLIGENCE, INCLUDING HEALTHCARE, IN CENTRAL ASIA**

*Innovation center*

*Tashkent Pediatric Medical Institute, Tashkent, Republic of Uzbekistan*

*Аннотация:* изучение публикационной активности ученых Центральной Азии в реферируемых базах данных Web of Science, Scopus, Ebsco Publishing и Springer Link в области Искусственного Интеллекта (ИИ).

*Ключевые слова:* публикационная активность, искусственный интеллект, здравоохранение, Центральная Азия

*Abstract:* Studying the publication activity of Central Asian scientists in the peer-reviewed databases Web of Science, Scopus, Ebsco Publishing and Springer Link in the field of Artificial Intelligence (AI).

*Keywords:* publication activity, artificial intelligence, healthcare, Central Asia

Группа исследователей из Стэнфордского университета (США) ежегодно представляет отчет по уровню развития ИИ «Индекс ИИ», который анализирует уровень и тенденции развития около 20 страна по более чем 20 показателям [1]. В последнем отчете за 2021 год в главе IV по публикационной активности были сделаны следующие основные выводы: - Количество журнальных публикаций в области ИИ выросло на 34,5% по сравнению с 2019 и 2020 годами; - только за последние шесть лет число обзорных публикаций в области ИИ по материалам arXiv выросло более чем в шесть раз, с 5,478 в 2015 году до 34,736 в 2020 году; - публикации в области ИИ составляют 3,8% всех рецензируемых научных изданий по всему миру в 2019 году, по сравнению с 1,3% в 2011 году [2].

При изучении публикационной активности ученых широко используются реферируемые базы данных, особенно востребованы базы данных Web of Science и Scopus. Например, такой инструмент Scopus как

Scimago Journal & Country Rank (Рейтинг журналов и стран Симаго) позволяет выявить страновых лидеров публикационной активности в различных областях науки. Для странового рейтинга публикационной активности в области ИИ для анализа используются публикации с 1996 по 2020 года. На период проводимого нами исследования тройка стран лидеров в области ИИ выглядела следующим образом: Китай, США и Индия. Тем не менее, публикационная активность в области Health Informatics (ИКТ в здравоохранении и в медицине), включая ИИ в медицине и здравоохранении США опережает Китай порядка в 2 раза. В свою очередь в СНГ по публикациям в области ИИ первое место занимает Россия, а в странах Центральной Азии – Казахстан [3].

**Цель исследования:** на основе данных многофакторного наукометрического анализа и изучения публикационной активности ученых в реферированных базах данных Web of Science, Scopus, Ebsco Publishing и Springer Link определить тренды развития технологий ИИ в медицине и в здравоохранении и оценить вклад и конкурентоспособность ученых стран Центральной Азии в развитие этой области науки и знаний.

**Материалы и методы исследования.** Контентный анализ нормативно-правовых документов в области цифровизации национальных экономик стран ЦА. Изучение национальных стратегий стран ЦА в области развития ИИ. Проведение многофакторного наукометрического анализа активности учебных ЦА в области ИИ в медицине и здравоохранении в реферированных базах данных Web of Science, Scopus, Ebsco Publishing и Springer Link.

**Результаты и их обсуждение.** Государственное правовое регулирование в области ИИ в странах ЦА на уровне национальных стратегий уже определилось с приоритетами развития. Целый ряд законодательных инициатив правительств стран ЦА был посвящен развитию ИКТ инфраструктуры, инновациям и цифровизации отраслей

экономики. В ряде этих нормативно-правовых документов были упомянуты также технологии ИИ, Больших данных и интеллектуальных систем. Тем не менее, в своем анализе мы остановились только на тех нормативно-правовых документах, которые непосредственно касались стратегии развития ИИ.

При поиске публикаций по ИИ по базе данных Ebsco Publishing в Узбекистане с запросом «Artificial intelligence in Uzbekistan; Machine Learning in Uzbekistan; Big data in Uzbekistan» было выявлено 3 публикации [4,5,6], из которых 1 посвящена вопросам ИИ в медицине и 1 Большим данным в здравоохранении. В Казахстане с таким же поисковым запросом выявили 2 публикации вне области медицины и здравоохранения [7,8].

Поиск в базе данных Springer Link на момент проведения исследования выдал 1 результат только для Казахстана в области машинного обучения [9]. Остальные страны Центральной Азии не были отмечены наличием публикаций в исследуемой области.

Поиск в базе данных Web of Science на платформе PublOn выдал следующие результаты: из 10532 ученых Казахстана только 22 имеют в своем профиле области научного интереса «Artificial intelligence; Machine Learning; Big data», 2 ученых «Artificial intelligence in medicine» и являются авторами 123 статей, индексируемых в БД WoS[10]. В свою очередь из 2586 зарегистрированных узбекских ученых только 7 имеют в своем профиле «Artificial intelligence; Machine Learning; Big data» 1 ученый «Artificial intelligence in medicine» и являются авторами 7 статей в области ИИ. Из Кыргызстана только 1 ученый отметил своей областью интересов «Artificial intelligence; Machine Learning; Big data», с 1 одной статьей в области ИИ. Зарегистрированные 112 ученых Таджикистана и 3 ученых Туркменистана соответственно в PublOn WoS, не отметили своей областью интересов «Artificial intelligence; Machine Learning; Big data». Данные из БД Скопус сравнивают число публикаций в области ИИ среди 5 стран

Центральной Азии за весь период функционирования БД Скопус. Сравнение осуществлено относительно 6 показателей, таких как всего публикаций в области ИИ, количество процитированных публикаций, всего цитирований, из них количество самоцитирований, относительный показатель цитирований на одну публикаций и страновой индекс Хирша в исследуемой области. Лидерами публикационной активности в области ИИ в том числе и медицине являются ученые Казахстана, которые занимают около 2/3 всех опубликованных документов в исследуемой области. Далее идут ученые Узбекистана с 1/3 публикаций и на оставшиеся страны ЦА приходится менее 10% всех публикаций.

**Выводы.** По результатам нашего исследования уровня публикационной активности ученых Центральной Азии в области ИИ, в том числе ИИ в здравоохранении и медицины, наблюдается явное отставание от других регионов в плане количества публикаций, цитирования и общего индекса Хирша в области ИИ, в том числе ИИ в здравоохранении. Степень зрелости национальной стратегии развития ИИ и в целом цифровизации стран ЦА, также только начинает свой путь. Тем не менее, за последний пять лет ученые стран ЦА активизировались в плане научных исследований и публикаций в области ИИ в здравоохранении, но подобная активность не распределена гомогенно по странам. В регионе наблюдаются явные лидеры в плане публикационной активности изучаемого вопроса – Это Казахстан и Узбекистан. В целом, наукометрическая результативность ученых ЦА в области изучаемого вопроса может зависеть от количества международных научных журналов, реферируемых базах данных Scopus и WoS, уровня развития цифровизации страны, финансирования науки и развитости стартап экосистемы.

### **Литература/References**

1. AI Index [Электронный ресурс]. URL: <https://aiindex.stanford.edu>.  
Дата обращения: 23 Мая 2021 года;

2. Daniel Zhang, Saurabh Mishra, Erik Brynjolfsson, John Etchemendy, Deep Ganguli, Barbara Grosz, Terah Lyons, James Manyika, Juan Carlos Niebles, Michael Sellitto, Yoav Shoham, Jack Clark, and Raymond Perrault, “The AI Index 2021 Annual Report,” AI Index Steering Committee, Human-Centered AI Institute, Stanford University, Stanford, CA, March 2021, pp 17-19;

3. Официальный сайт Scopus. Scimago Journal & Country Rank. Рейтинг публикационной активности в области Искусственного Интеллекта: <https://www.scimagojr.com/countryrank.php?category=1702>. Дата обращения 28.06.2021 года;

4. Azimova, N. D., Ashirbaev, S. P., & Vikhrov, I. P. (2020). The First Steps in Artificial Intelligence Development in Medicine in Uzbekistan. *Health Problems of Civilization*, 14(4), 314–319. <https://doi.org/10.5114/hpc.2020.98086>;

5. Матковская, Я. С., Московцев, А. Ф., Бегимкулов, Г. А., Ломакин, Н. И., & Максимова, О. Н. (2018). Прогноз Объема Добычи Нефти В Узбекистане На Основе Системы Искусственного Интеллекта. *Science of Krasnoyarsk / Nauka Krasnoyar’ya*, 7(2, Part 2), 54–60;

6. Vikhrov, I., Abdurakhimov, Z., & Ashirbaev, S. (2021). THE USE OF BIG DATA IN HEALTHCARE: LESSONS FOR DEVELOPING COUNTRIES FROM UZBEKISTAN. *Health Problems of Civilization*, 15(2), 142-151. <https://doi.org/10.5114/hpc.2021.106173>;

7. Abdrakhmanova, M., Kuzdeuov, A., Jarju, S., Khassanov, Y., Lewis, M., Varol, H. A., & Leo, M. (2021). SpeakingFaces: A Large-Scale Multimodal Dataset of Voice Commands with Visual and Thermal Video Streams. *Sensors* (14248220), 21(10), 3465. <https://doi.org/10.3390/s21103465>;

8. Merembayev, T., Kurmangaliyev, D., Bekbauov, B., Amanbek, Y., & Mardani, A. (2021). A Comparison of Machine Learning Algorithms in Predicting Lithofacies: Case Studies from Norway and Kazakhstan. *Energies* (19961073), 14(7), 1896. <https://doi.org/10.3390/en14071896>;

9. Khoroshilov, Ad.A., Musabaev, R.R., Kozlovskaya, Y.D. et al. Automatic Detection and Classification of Information Events in Media Texts. Autom. Doc. Math. Linguist. 54, 202–214 (2020).  
<https://doi.org/10.3103/S0005105520040032>;

10. Официальный сайт Web of Science Group. Publons. Список ученых в WoS: [https://publons.com/researcher/?country=181&order\\_by=num\\_reviews](https://publons.com/researcher/?country=181&order_by=num_reviews). Дата обращения 22.06.2021 года.

ХАРЛАМПЕНКОВ Е.И.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ КАЛЬКУЛЯТОРОВ ПРИ  
ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ПАЦИЕНТА НА ОСНОВЕ ШКАЛЫ NEWS-2**

*Кафедра медицинской, биологической физики и высшей математики  
Кемеровского государственного медицинского университета, г. Кемерово*

KHARLAMPENKOV E.I.

**THE USE OF DIGITAL CALCULATORS IN ASSESSING THE  
PATIENT'S CONDITION BASED ON THE NEWS-2**

*Scale department of medical, biological physics and higher mathematics  
Kemerovo state medical university, Kemerovo*

*Аннотация:* Использование цифровых технологий позволяет ускорить процесс принятия врачебных решений, примером может служить цифровой калькулятор, разработанный на основе шкалы NEWS-2, протокола оценки тяжести пациента. В статье предложены мероприятия по дальнейшему совершенствованию данного цифрового калькулятора.

*Ключевые слова:* цифровые технологии, цифровой калькулятор, протокол оценки тяжести пациента, шкала News-2.

*Abstract:* The use of digital technologies makes it possible to speed up the process of making medical decisions, an example is a digital calculator developed

based on the NEWS-2 scale, a protocol for assessing the severity of the patient. The article suggests measures for further improvement of this digital calculator.

*Keywords:* digital technologies, digital calculator, patient severity assessment protocol, News-2 scale.

**Цель исследования.** Цифровизация медицины является актуальной задачей, решение которой способствует более быстрому принятию решений по постановке диагноза и назначения лечения пациенту. В формируемую систему поддержки принятия врачебных решений, представляющую собой как программное обеспечение компьютерных систем, позволяющих путем сбора и анализа информации влиять на принятие врачом решения при обследовании пациента и назначении лечения, входят и цифровые (расчетные) калькуляторы, помогающие принимать врачебные решения [1]. Одним из таких калькуляторов является калькулятор оценки состояния пациента, имеющего симптомы новой коронавирусной инфекции Covid-19 на основе бальной шкалы NEWS-2. Целью исследования является анализ работы данного цифрового калькулятора, разработка путей его совершенствования и системы принятия решения по диагностированию и лечению пациента.

**Материалы и методы исследования.** Шкала оценки состояния пациента NEWS-2 является по сути интегральным показателем, оценивающим состояние пациента по ряду взаимозависимых факторов, и позволяющей принимать решение о выборе траектории лечения пациента. Шкала NEWS-2 – это цифровой алгоритм для отслеживания динамики состояния пациента и эффективности проводимого лечения. В основе алгоритма - метод оценки риска ухудшения состояния пациента по международной шкале NEWS2.

Шкала NEWS 2 (National Early Warning Score) предложена в 2020 году для оценки тяжести течения COVID-19 Королевским колледжем

врачей (Royal College of Physicians) - британским обществом профессиональных врачей медицины общего профиля и её узких направлений. Получила шкала NEWS-2 распространение и в России [2]. Для работы с системой используются планшеты со специализированным программным обеспечением. При поступлении больного в поликлиническое отделение его данные заносятся в цифровой калькулятор, и проводится комплексный расчет оценки состояния пациента и выбора способа его лечения (амбулаторное или стационарное). При нахождении пациента на стационарном лечении медработник считывает QR-код с идентификационного браслета пациента или с идентификационного листа в больнице и заносит в систему текущие показатели состояния больного: частоту сердечных сокращений, уровень насыщения крови кислородом, артериальное давление, температуру тела, частоту дыхания. Система рассчитывает результат и относит пациента к определенной группе риска на основе суммарной балльной оценки, подсвечивая результат расчета нужным цветом. Данные показатели состояния больного определяются в процессе его поступления или ежедневного мониторинга в процессе лечения. Применение клинической шкалы существенно повышает безопасность пациента, гарантирует проведение осмотра в определенный промежуток времени и измерение конкретных показателей. В результате обеспечивается своевременная и оптимальная коррекция проводимой терапии.

Для врача польза данной системы очевидна. При увеличении уровня риска, к примеру, с трех до пяти баллов, он может принять решение о необходимости более интенсивной терапии либо же, наоборот, при его уменьшении удостовериться, что лечение эффективно [3].

**Результаты и их обсуждение.** Шкала NEWS-2 получила широкое распространение, признано мировым сообществом, балльная оценка состояния пациента помогает быстро принимать решения. Однако,

используя предложенный калькулятор и формируемый на основе расчетных данных «Протокол оценки тяжести состояния пациента», можно сделать вывод о необходимости трансформации цифрового калькулятора, когда балльная оценка считается не постфактум, а в процессе введения данных при осмотре пациента в электронную карту пациента, и по результату осмотра выдается рекомендация по дальнейшей маршрутизации пациента [4]. В процессе лечения пациента в стационаре формируется «Лист оценки динамики состояния пациента с внесением в дневниковую запись» в который вводятся показатели состояния пациента (сатурация, ЧДД, ЧСС, АД, СРБ (каждые 5 дней/ при ухудшении), а также лимфоциты (в абсолютном числе) и нейтрофилы (в абсолютном числе) и данные КТ) на основании которых возможен расчет балльного показателя состояния пациента. При присвоении пациенту идентификационного номера, показатели считываются в динамике, и на основе данных динамического ряда принимается решение о дальнейшем лечении пациента.

**Выводы.** По мнению ряда исследователей шкалы оценки REMS, qSOFA и SIRS состояния пациента с подозрением на SARS-CoV-2 показали хорошую калибровку, но разрешающую способность, достаточную для использования в качестве клинической информации, продемонстрировала только шкала NEWS на основании которой и создан цифровой калькулятор, доработка которого даст возможность врачам быстрее принимать оперативные решения по лечению пациентов [5].

### **Литература / References**

1. Реброва О.Ю. Эффективность систем поддержки принятия врачебных решений: способы и результаты оценки. //Клиническая и экспериментальная тиреоидология. 2019.-Т.15, №4.—с.148-155. URL: <https://doi.org/10.14341/ket12377> (дата обращения 29.10.2021)

2. Шкала NEWS-2. Онлайн калькулятор URL: <https://medsoftpro.ru/kalkulyatory/news-2-score.html> (дата обращения 25.10.2021)

3. Как цифровой алгоритм помогает врачам лечить пациентов с COVID-19 URL: <https://www.mos.ru/news/item/87752073/> (дата обращения 01.11.2021)

4. Внебольничная пневмония (ВП) с подозрением на covid и covid + URL: <http://medtsu.tula.ru/docum/pdz.pdf> (дата обращения 27.10.2021)

5. К. Д. Зыбин, А. А. Носков, Т. С. Мусаева, М. П. Кузнецова, С. И. Гончаренко, О. В. Высоцкий, П. И. Данилюк, Е.С. Петрущенко, М.И. Веселенко, А.А. Потапова, С.В. Синьков, В.М. Дурлештер. Сравнение шкал REMS, NEWS, qSOFA и критериев SIRS в прогнозе возникновения сепсиса у пациентов с подтвержденным диагнозом SARS-CoV-2: результаты ретроспективного наблюдательного исследования. //Вестник интенсивной терапии им. А.И. Салтанова. 2021. №1. с.48–56. URL: <https://intensive-care.ru/sravnenie-shkal-rem-s-news-qsofa-i-kriteriev-sirs-v-prognoze-vozniknoveniya-sepsisa-u-patsientov-s-podtverzhdennym-diagnozom-sars-cov-2-rezultaty-retrospektivnogo-nablyudatel'nogo-issledovaniya/>

ХАРЛАМПЕНКОВ И.Е.

## **ОПЫТ РАЗРАБОТКИ СЕРВИСА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫМИ КАРТАМИ**

*Кемеровский филиал Федерального исследовательского центра  
информационных и вычислительных технологий*

KHARLAMPENKOV I.E.

## **DEVELOPMENT OF A SERVICE FOR MANAGING ELECTRONIC MAPS**

*Kemerovo branch of Federal Research Center for Information and  
Computational Technologies*

*Аннотация:* В статье рассматривается опыт разработки сервиса управления электронными картами состоящими из слоев пространственных данных.

*Ключевые слова:* пространственные данные, электронные карты, веб-картография, REST-API, сервис

*Abstract:* The article discusses the experience of developing a service for managing electronic maps consisting of layers of spatial data.

*Keywords:* spatial data, electronic maps, web mapping, REST-API, service

**Цель исследования:** рассмотреть и предложить вариант реализации сервиса для управления электронными картами в рамках веб-приложения.

**Материалы и методы исследования.** При разработке информационных систем [1], которые оперируют в том числе и пространственными данными, возникает необходимость отображать в разных разделах электронные карты различного содержания. Под электронной картой понимается совокупность слоев пространственных данных, возможно объединенных в группы (категории), направленная на демонстрацию определенной местности или решения какой-либо задачи (рисунок 1).

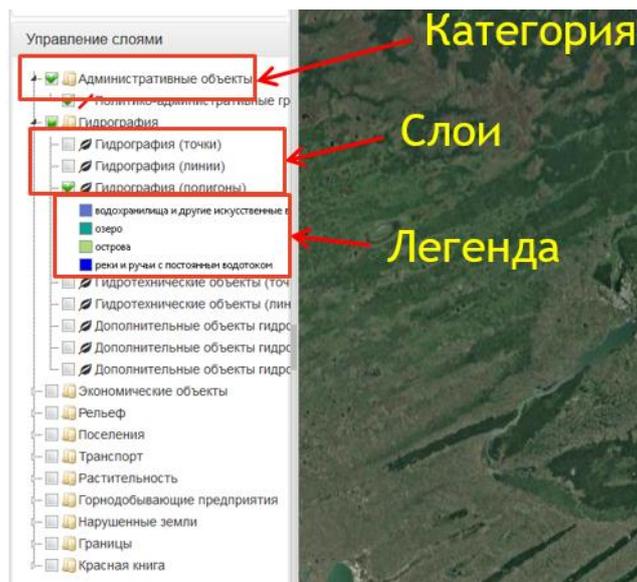


Рисунок 1.

Фрагмент веб-страницы с электронной картой

Как правило для отображения данных используется основанная на протоколах OGC WMS/WFS/WCS [2] связка из картографического сервера, например, GeoServer [3] и клиентской библиотеки, например, OpenLayers [4] или Leaflet. В этом случае встает вопрос о хранении и настройке списка слоев и их параметров для корректного отображения карты. Наиболее очевидным вариантом является их размещение в коде раздела (страницы) информационной системы. Однако такой подход ограничивает возможности по оперативной настройке карты и ее повторному использованию.

Альтернативным вариантом является использование некоторой подсистемы, которая бы обеспечивала хранение, модификацию и предоставление через API информации о картах и их составе. Дополнительно необходимо обеспечить возможность импорта новых пространственных данных с последующей их настройкой для корректного отображения и управление картографическим сервером.

**Результаты и их обсуждение.** В соответствии с указанными выше требованиями разработан сервис. В его основе лежит цепочка: подключение к GeoServer — рабочее пространство — источник (хранилище) данных —

слой. Электронная карта собирается как множество упорядоченных и сгруппированных по категориям слоев. У каждого слоя множество параметров, таких как отображение по умолчанию, уровень детализации информации об объектах слоя, размер легенды и т.д. Карта может отображаться на множестве страниц целевой информационной системы. При создании источника данных и слоя их описание может запрашиваться или публиковаться через API картографического сервера GeoServer.

**Выводы.** Разработан сервис управления электронными картами, который реализует необходимый для настройки карт пользовательский интерфейс и REST-API для получения параметров слоев и их отображения на странице. В настоящий момент активно разрабатываются средства импорта данных. К недостаткам можно отнести замкнутость на использование картографического сервера GeoServer.

#### **Литература / References**

1. *Potapov V.P., Giniyatullina O.L., Kharlampenkov I.E.* Technology for development of applied geoportals // CEUR Workshop Proceedings. - 2017. - Vol.2033. - P.26-30.
2. OGC Standards and Supporting Documents. – URL: <http://www.opengeospatial.org/standards>.
3. Gratier, T. OpenLayers 3 Beginner s Guide / T. Gratier, P. Spencer, E. Hazzard. – Birmingham: Packt Publishing, 2015. – 432 p.
4. GeoServer: Open source software server. - URL: <http://geoserver.org>.

**РАЗДЕЛ 6.**  
**ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДОЛОГИИ ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ И**  
**ИНФОРМАТИКИ**

АЛЬТШУЛЕР О.Г.\*, КОЛЕСНИКОВ О.М.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОНЛАЙН-СЕРВИСА «GOOGLE FORMS» В  
УСЛОВИЯХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ**

*\*Кафедра общей и экспериментальной физики Кемеровского  
государственного университета, г. Кемерово*

*Кафедра медицинской, биологической физики и высшей математики  
Кемеровского государственного медицинского университета, г. Кемерово*

ALTSHULER O.G., KOLESNIKOV O.M.

**USE OF THE GOOGLE FORMS ONLINE SERVICE UNDER  
DISTANCE LEARNING**

*\* Department of general & experimental physics  
Kemerovo State University, Kemerovo*

*Department of medical & biological physics  
Kemerovo Medical State University, Kemerovo*

*Аннотация:* изучены возможности google forms для разработки тестовых заданий и проведения тестирования студентов, дана оценка технологий с точки зрения преподавателя.

*Ключевые слова:* google формы, тест, применимость.

*Abstract:* the google forms applicability for the test tasks development and students testing have been studied, these technologies have been assessed from the teacher point of view.

*Keywords:* google forms, testing, applicability.

**Цель исследования:** изучить принципиальные возможности облачного сервиса google forms для организации текущего тестирования знаний студентов в условиях дистанционного учебного процесса. В

частности интересовало, насколько он эффективен, прост в использовании, понятен. Определить его достоинства и недостатки, границы применения.

**Материалы и методы исследования.** Было подготовлено четыре варианта комплекта тестовых заданий по физике. Применялся экспериментальный метод исследования алгоритма создания электронных форм и их применения в ходе тестирования студентов. Полученные результаты были подвергнуты всестороннему системному анализу с различных точек зрения. Выводы по результатам исследования представляют собой непротиворечивые умозаключения, явившиеся итогом синтеза уже известных фактов и субъективных авторских оценок.

**Результаты и их обсуждение.** Следует отметить, что наш интерес к проблеме применения облачных и не только информационных технологий в обучении не случаен. Авторы в тесном сотрудничестве с коллегами на протяжении двух десятилетий занимаются исследованиями в данной области [1]. Ранее нас интересовали не столько технологические аспекты компьютерного тестирования студентов, сколько педагогические и психологические [2,3]. Кроме того мы изучали возможности и представляли результаты использования небольших быстрых тестов в среде Microsoft PowerPoint, которые позволяют преподавателю достичь необходимого эффекта заинтересованности студентов в усвоении теоретического материала на занятиях [4].

В данной работе акценты смещены в сторону изучения технологических особенностей применения облачного инструментария в подготовке самих тестовых заданий и проведении тестирования знаний. Было целесообразным поделиться собственным опытом в такой быстро развивающейся последние годы сфере как дистанционное обучение.

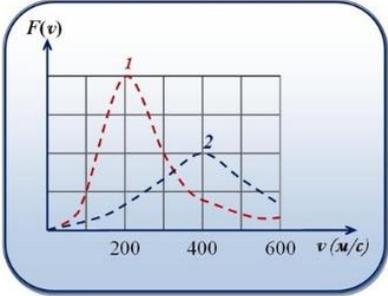
В настоящее время имеется масса универсальных систем управления контентом, используемых в качестве технологических платформ для организации взаимодействия студентов с преподавателями через интернет.

Нет, пожалуй, ни одного ВУЗа в стране, который не имел бы на своем сервере образовательного портала. Нужны ли преподавателю еще какие-то инструменты типа google forms?

В рамках настоящей работы были созданы тестовые задания по разделу «Молекулярная физика». На рис.1 приведен один из вопросов в контексте выбора правильного ответа. На стадии наполнения содержания тестов особых затруднений не возникло. Интуитивно понятный интерфейс позволил быстро ориентироваться в алгоритме. Приятно удивила простота добавления иллюстраций, без которых невозможно обойтись в заданиях по физике. Порадовало разнообразие типов тестовых вопросов.

Укажите правильный ответ \*

На рисунке приведены кривые распределения молекул газа (водорода) по скоростям, соответствующие разным температурам. Чему равно отношение  $T_1/T_2$ ?



0,25  
 2  
 0,5  
 4

Рисунок 1.

Диалоговое окно выбора ответа на вопрос теста в google forms.

Особо хотелось бы отметить качество аналитики, которая позволяет адекватно реагировать на выявление слишком простых и крайне сложных вопросов, быстро вносить в них коррективы. Таким образом, удастся адаптировать тест к уровню понимания материала студентами.

Автоматическое размещение результатов тестирования в электронных таблицах google позволяет не только сохранить их, но

провести необходимую обработку и визуализацию, учитывая широкие возможности структурирования табличных данных. Что касается настроек подачи тестовых заданий студентам, то не хватает лишь настроек времени, отпущенного на ответы. Параметры доступа к ответам позволяют реализовать политику секретности, невозможности угадать правильный ответ.

**Выводы.** Таким образом, все перечисленные достоинства сервиса google forms можно использовать по назначению, а именно для подготовки тестовых заданий и тестирования знаний, полученных студентами в ходе изучения любой дисциплины. Сложно лишь идентифицировать отвечающего, разве что с помощью сервиса zoom, если проводить тестирование под камеру. Но это затратное по времени и плохо масштабируемое решение проблемы.

#### **Литература / References**

1. Колесников О.М. Особенности преподавания компьютерных технологий / О.М. Колесников // Качество образования: концепции, проблемы: материалы Международной научно-методической конференции. - Новосибирск: НГТУ, 2000. – С.124-128.

2. Альтшулер О.Г. Опыт применения компьютерного тестирования в преподавании физики студентам-биологам / О.Г. Альтшулер, О.М. Колесников, Т.Ю. Павлова // Информатика и образование. 2017. - №7(286). - С. 48-50.

3. Альтшулер О.Г. Сравнение субъективных и объективных оценок компьютерного тестирования / О.Г. Альтшулер, О.М. Колесников, Т.Ю. Павлова // Вестник Кемеровского государственного университета. 2012. - №4 (52). - С. 82-86.

4. Альтшулер О.Г. Применение компьютерных экспресс-тестов на семинарских занятиях по физике / О.Г. Альтшулер, О.М. Колесников, Т.Ю.

Павлова // Вестник Кемеровского государственного университета. 2015. - №1(61). - С. 92-96.

БАСАЛАЕВ Ю. М., БАСАЛАЕВА О. Г.

**ФОРМИРОВАНИЕ ЦИФРОВОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ В  
ПРОЦЕССЕ ИНТЕГРАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
В ДИСЦИПЛИНЫ ПО ФИЗИКЕ**

*Кафедра медицинской, биологической физики и высшей математики  
Кемеровского государственного медицинского университета, г. Кемерово*

BASALAEV Yu.M., BASALAEVA O. G.

**FORMATION OF DIGITAL COMPETENCE IN THE PROCESS  
OF INTEGRATION OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE  
DISCIPLINES IN PHYSICS**

*Department of Medical, Biological Physics and Higher Mathematics  
Kemerovo State Medical University, Kemerovo*

*Аннотация:* работа посвящена цифровизации образования, требующей от преподавателей и обучающихся формирования и развития своей цифровой компетентности.

*Ключевые слова:* цифровизация образования, цифровая компетентность, электронная информационно-образовательная среда.

*Abstract:* the article is devoted to the digitalization of education, which requires teachers and students to form and develop their digital competence.

*Keywords:* digitalization of education, digital competence, electronic information and educational environment.

**Цель исследования:** изучить особенности и оценить возможности формирования цифровой компетентности преподавателей и обучающихся вуза.

**Материалы и методы исследования.** Авторами проанализированы данные научных статей, аналитических обзоров, касающихся Европейской системы цифровой компетенции для граждан (DigComp).

**Результаты и их обсуждение.** В настоящее время идет модернизация высшего образования, важным аспектом которой является цифровизация. Спецификой цифровизации образования является переход к персонализированному и эффективному образовательному процессу в развивающейся электронной информационно-образовательной среде [2]. На сегодняшний день и преподаватели и обучающиеся сталкиваются с быстро меняющимися требованиями, которые требуют нового, более широкого и сложного набора компетенций, чем раньше. Необходима трансформация самой парадигмы образования и пересмотр существующих подходов и моделей обучения, направленных на развитие навыков общей цифровой грамотности, социальных и эмоциональных навыков для успеха в новом цифровом мире [3].

Повсеместное распространение цифровых устройств и приложений, в частности, требует, чтобы преподаватели развивали свою цифровую компетентность, в том числе и за счет интеграция информационных технологий в конкретные предметы. В связи с этим, одним из перспективных направлений образовательного менеджмента может стать внедрение рациональной системы оценки цифровой компетентности преподавателей и студентов [1, с. 65].

В то же время происходит формирование новых представлений о той роли, которую цифровая компетентность может сыграть в повышении качества обучения студентов, в том числе и по курсу «Физики» в медицинском университете.

Цифровая компетентность является одной из восьми ключевых компетенций и относится к уверенному и критическому использованию всего спектра цифровых технологий для информации, коммуникации и решения основных проблем во всех аспектах жизни. Это может показаться само собой разумеющимся, но, согласно опыту преподавания дисциплин в медицинском вузе, обучающиеся имеют недостаточный уровень цифровой компетентности.

Чтобы лучше понять суть этой компетенции, Европейская комиссия разработала Европейскую систему цифровой компетенции для граждан (DigComp), которая разделена на пять областей: информационная грамотность; коммуникация и сотрудничество; создание цифрового контента; безопасность; принятие решений [4].

Европейская система цифровой компетентности педагогов (DigCompEdu) - это научно обоснованная система, описывающая, что значит для педагогов быть компетентными в области цифровых технологий. Он обеспечивает общую систему отчета для поддержки развития цифровых компетенций, специфичных для педагогов, в Европе. DigCompEdu ориентирован на педагогов всех уровней образования, от раннего детства до высшего образования и образования для взрослых, включая общее и профессиональное образование и подготовку, образование с особыми потребностями и неформальное обучение.

**Выводы.** С одной стороны, цифровая компетентность должна формироваться на основе межпредметного подхода, например, таким как интеграция информационных технологий в конкретные предметы. С другой - важно учитывать, что как универсальная компетенция, цифровая компетенция также помогает студентам овладеть другими ключевыми компетенциями, такими как коммуникация, базовые навыки в области математики и физики.

### **Литература / References**

1. Басалаева О. Г. Проблемы внедрения рейтинговой системы оценки деятельности преподавателей / О. Г. Басалаева, Ю. М. Басалаев, А. Н. Садовой // Университетское управление: практика и анализ. – Екатеринбург. – 2006. – № 2(42). – С. 65-69

2. Басалаева, О. Г. Новая парадигма образования в условиях перехода от общества знания к обществу конвергенции наук и технологий / О. Г. Басалаева, А. С. Валялина, А. В. Салебо // Мир науки. – 2015. – № 3. – С. 1-5. – Режим доступа: <http://mir-nauki.com/PDF/12PDMN315.pdf> (Дата обращения: 05.10.2021)

3. Обучение цифровым навыкам: глобальные вызовы и передовые практики. Аналитический отчет к III Международной конференции «Больше чем обучение: как развивать цифровые навыки», Корпоративный университет Сбербанка. – М.: АНО ДПО «Корпоративный университет Сбербанка», 2018. – 122 с. – Режим доступа: [https://sberuniversity.ru/upload/iblock/2f8/Analytical\\_report\\_digital\\_skills\\_web\\_demo.pdf](https://sberuniversity.ru/upload/iblock/2f8/Analytical_report_digital_skills_web_demo.pdf) (Дата обращения: 30.10.2021)

4. Digital Competence System for Teachers (DigCompEdu). – Режим доступа: <https://ec.europa.eu/jrc/en/digcompedu> (Дата обращения: 30.10.2021)

ГОЛОВКО О.В., САЛТАНОВА Е.В.

**СОЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО КУРСА ЛАБОРАТОРНОГО  
ПРАКТИКУМА ПО ФИЗИКЕ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
МЕДИЦИНСКОГО ВУЗА**

*Кафедра медицинской, биологической физики и высшей математики  
Кемеровского государственного медицинского университета, г. Кемерово*

GOLOVKO O.V., SALTANOVA E.V.

## **CREATION OF AN ELECTRONIC COURSE OF A LABORATORY PRACTICE IN PHYSICS FOR STUDENTS OF A MEDICAL UNIVERSITY**

*Department of medical & biological physics  
Kemerovo Medical State University, Kemerovo*

*Аннотация:* в работе рассматривается применение различных элементов и ресурсов образовательной платформы LMS Moodle, которые использовались в процессе создания электронного курса лабораторного практикума по физике. Опыт использования электронного курса лабораторного практикума показал удовлетворительные результаты, разработанный курс может быть использован как при обучении в дистанционном формате, так и при отработке пропущенных занятий обучающимися.

*Ключевые слова:* электронный курс, физика, LMS Moodle, медицинский вуз.

*Abstract:* The work examines the use of various elements and resources of the LMS Moodle educational platform, which were used in the process of creating an electronic course for a laboratory workshop in physics. The experience of using the electronic course of the laboratory workshop showed satisfactory results, the developed course can be used both for teaching in a distance format and for practicing missed lessons by students.

*Keywords:* e-course, physics, LMS Moodle, medical school.

В настоящее время созданию и внедрению электронных курсов в учебный процесс уделяется огромное внимание, и сейчас в период распространения Covid-19 данный вопрос становится все более актуальнее.

В работе [1] приведен опыт создания электронного образовательного ресурса в LMS Moodle по физике (раздел «Механика») для технических

вузов, который содержит лекционные материалы, вопросы для самоконтроля, задачи, тестирование к каждому модулю, виртуальные лаборатории, глоссарий.

В данной работе приводятся особенности создания электронного курса лабораторного практикума по физике у обучающихся медицинского вуза, на примере дисциплины «Физика, математика» по специальности 31.05.02 «Педиатрия», в соответствии с [2]. Рассматривается применение различных элементов и ресурсов образовательной платформы LMS Moodle, которые использовались в процессе создания электронного курса лабораторного практикума по физике.

Электронный курс лабораторного практикума по физике разработан в соответствии с рабочей программой дисциплины «Физика, математика».

По каждой теме лабораторного практикума приведена информация по теоретической подготовке к занятию, контроль внеаудиторной самостоятельной работы, подготовка к практической части занятия, лабораторная работа и итоговый контроль знаний.

В разделе теоретическая подготовка к практическому занятию приведены контрольные вопросы, ссылки на литературу, а также краткие теоретические сведения по теме.

Контроль внеаудиторной работы осуществляется несколькими элементами курса: тест; задание; глоссарий; форум.

Элемент курса «Форум» используется с целью организации взаимодействия между обучающимися, где участникам предлагается обсудить проблемный вопрос, или создать тестовых заданий с обязательным комментарием и оцениванием, данный вид самостоятельной работы для контроля внеаудиторной самостоятельной работы был описан ранее в [3].

В разделе «Подготовка к практическому занятию» приведены название лабораторной работы, формируемые компетенции, цель,

оборудование, порядок проведения эксперимента, который включает алгоритм обработки результатов эксперимента.

В лабораторной работе использовался фото и видео материал, отснятый и записанный авторами работы, который позволяет не только наблюдать за экспериментом, но и определять физические величины, описан в [4].

Выполнение лабораторной работы осуществляется с использованием элемента курса: лекция. Данный элемент включает методику проведения эксперимента, использования приборов с примерами для измерения, в ходе выполнения лабораторной работы обучающимся было предложено определять измерения по фотоматериалам, контроль измерений осуществляется по средствам использования вопросов в виде числового ответа, если будет введен неверный результат, то обучающийся возвращается к данному измерению вновь, для измерений для которых невозможно однозначно определить физическую величину - эссе. Именно данное интерактивное взаимодействие позволяет контролировать последовательность и правильность выполнения лабораторной работы. В конце выполнения лабораторной работы обучающимся предлагается написания эссе, которое позволяет ответить на определенный вопрос, и имеет смысл вывода по работе, также данная форма позволяет выслать отчет по выполненной работе.

Итоговый контроль знаний студентов осуществляется посредством тестирования.

Опыт использования электронного курса лабораторного практикума показал удовлетворительные результаты, разработанный курс может быть использован как при обучении в дистанционном формате, так и при отработке пропущенных занятий обучающимися.

### **Литература/References**

1. Особенности формирования электронного курса по физике (раздел механика) в LMS MOODLE для обучения и контроля качества учебного процесса / Нуштаева А.В., Савкина А.В., Шармазанов Р.М., Савинов И.А. // Образовательные технологии и общество. - 2018. - Т. 21. - № 3. - С. 315-329.

2. Особенности создания электронного курса / Головки О.В., Салтанова Е.В. // В сб.: Современные технологии дистанционного и электронного обучения в обеспечении медицинского образования. Материалы X Межрегиональной научно-методической конференции. - 2018. - С. 51-54.

3. Создание тестовых заданий, как форма сдачи задолженности обучающимися в условиях дистанционного обучения при изучении физики / Головки О.В. // В сб.: ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ. Материалы VIII международной научной интернет-конференции. - 2020. - С. 86-88.

4. Изучение физики в вузе в условиях дистанционного обучения / Головки О.В. // Вестник общественных и гуманитарных наук. - 2020. - Т. 1. - № 4. - С. 68-71.

ДУГИНОВ Е.В.

**ПЕРВАЯ ЛЕКЦИЯ – КАК ЭЛЕМЕНТ БУДУЩЕЙ  
ВОВЛЕЧЕННОСТИ СТУДЕНТА В ОБУЧЕНИЕ**

*Автономная некоммерческая организация «Научно-образовательный  
центр «Кузбасс»*

DUGINOV E.V.

**THE FIRST LECTURE – AS AN ELEMENT OF THE STUDENT'S  
FUTURE INVOLVEMENT IN LEARNING**

*World-Class Research and Academic Centre «Kuzbass»*

*Аннотация:* В статье предложена форма работы со студентами при изучении предмета естественнонаучного цикла. Рассмотрены способы определения уровня вовлеченности студента в предмет.

*Ключевые слова:* Лекция, методика преподавания, внимание обучающегося.

*Abstract:* The article proposes a form of work with students in the study of the subject of the natural science cycle. The ways of determining the level of student involvement in the subject are considered.

*Keywords:* Lecture, teaching methodology, student attention.

При подготовке специалистов технических направлений невозможно обойтись без предметов естественнонаучного цикла, таких как физика, теоретическая механика, математика. Данные дисциплины необходимы для формирования представлений о принципах работы технических средств и сооружений, реализации многих технологических процессов, основ почвоведения и агрохимии. Но на начальном этапе изучения этих дисциплин возникает ряд сложностей [1,2]:

- негативное восприятие обучающимися данного цикла предметов;
- мнимая сложность изучаемого материала;
- отсутствие необходимой начальной базы по предмету;
- нехватка навыков решения реальных, прикладных задач, так называемое «шаблонное» мышление;
- не заинтересованность в углублении своих собственных знаний по этим предметам.

Кроме того, при наличии в образовательном процессе лабораторного практикума у студентов, не вовлеченных в изучение дисциплины, снижается уровень освоения материала и качественная успеваемость [3].

**Цель исследования:** рассмотреть роль первой лекции как элемента вовлеченности студентов в предмет.

**Материалы и методы исследования.** Существует не мало подходов к решению данных сложностей, но многие из них снимают лишь часть

проблемы. Стоит отметить, что в каждом случае необходим индивидуальный подход к аудитории. В данной статье предлагаем один из способов решения данного проблемного поля – особое отношение к качеству материала и методике подачи материала на первой или вводной лекции. Рассмотрим в качестве примера дисциплину «физика».

Данная дисциплина входит в перечень обязательных при поступлении на инженерные направления подготовки. Как следствие школьники готовятся к данному предмету путём усиления своих навыков решения заданий единого государственного экзамена, что приводит к тому самому шаблонному мышлению, о котором уже говорилось выше. То есть при изучении предмета большая часть контактной работы со школьниками отводится на решение задач, снижается время, которое хотелось бы посвятить освоению нового материала и разбору практических задач прикладного характера.

**Результаты и их обсуждение.** Роль вводной лекции – вовлечь аудиторию в предмет, заинтересовать слушателей. Во время чтения первой лекции нельзя прибегать к ранее изученному материалу, необходимо постараться заново ввести студентов в дисциплину, о которой у них ранее уже сложилось свое мнение, и показать её с точки зрения профессионального подхода. Задача сложная, но решаемая.

Предлагаю подавать информацию порциями с отсылками на простые вопросы, о которых обучающиеся уже перестали задумываться и принимают как должное (сотовая связь, конвекционные потоки, температура). Например, попросить вспомнить, какие первые задачи по математике они решали в школе. А далее вести беседу до тех пор, пока студенты сами не придут к пониманию, что предмет, который они изучают, окружает их в повседневной жизни. После такого приема можно переходить к рассмотрению необходимых законов и формированию требуемых компетенций специалиста.

Кроме того, во время чтения первой лекции необходимо расставить «маркеры», к которым затем возвращаться регулярно в ходе всего курса. Под «маркером» стоит понимать яркие, интересные слушателям примеры из физики, применяемые в реальной жизни. Данные маркеры необходимо расставить по всему курсу дисциплины и возвращаться в цикле практических либо лабораторных занятий. Таким образом у слушателей формируется полноценная картина о том, что все знания, полученные на предмете, находят своё применение.

Вводная лекция не исключает использования, как классической формы проведения, так и электронной [4].

Опыт проведения предлагаемой вводной лекции используется при работе с техническими и аграрными направлениями подготовки: агроинженерия, природоохранное обустройство территорий, ландшафтная архитектура, наземные транспортно-технологические средства.

Результаты введения вводной лекции показывают, что формирование у студентов понятия о значимости изучения предмета способствует активации самостоятельной работы, повышению качественной успеваемости по предмету в сравнении с группами, в которых изучение предмета проходит по классической схеме: порция нового материала, упражнение для закрепления.

**Выводы.** Применение вводной лекции по дисциплинам естественнонаучного цикла является одной из форм, способствующих улучшению познавательной активности студентов на занятии, начиная с первого, а также повышение качественной успеваемости по предмету, и готовности обучающихся применить полученные знания при решении конкретных производственных задач.

### **Литература / References**

1. Головки, О.В. Использование технологии «перевернутого обучения» при изучении курса «физика» в медицинском вузе / О.В. Головки,

Е.В. Салтанова // Наука сегодня: вызовы и решения: матер. междунаучно-практич. конференции. 2017 г. – с. 106-107.

2. Головкин, О.В. Сравнение применения методики работы в малых группах в сочетании с элементами "перевернутого" обучения с традиционным обучением при изучении физики в медицинском вузе / О.В. Головкин, Е.В. Салтанова // Инновации в образовании и медицине: Материалы IV Всеросс. научно-практич. конф. с междунауч. участием. 2017. – Т.1. – с. 87-89.

3. Дугина, Е.Б. Методика проведения лабораторного практикума и мотивация к изучению физики для непрофильных направлений подготовки в сельскохозяйственном вузе // Современные технологии в сфере сельскохозяйственного производства и образования: Материалы VIII Междунауч. научно-практич. конф. на иностр. языках. 2017. – С. 20-22.

4. Головкин, О.В. Электронные лекции как метод развития педагогического мастерства преподавателя / О.В. Головкин, Е.Б. Дугина / Материалы III учебно-методич. конф. Кемеровской государственной медицинской академии: внутривузовский сборник трудов. 2011. – с.32-34.

ДУГИНОВА Е.Б.

**ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОГО  
ПРАКТИКУМА ПО ФИЗИКЕ В ПЕРВОМ СЕМЕСТРЕ ДЛЯ  
НЕПРОФИЛЬНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ В АГРАРНОМ  
ВУЗЕ**

*Кафедра физики, Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева*

DUGINOVA E.B.

**FEATURES OF CONDUCTING A LABORATORY WORKSHOP IN  
PHYSICS IN THE FIRST SEMESTER FOR NON-CORE AREAS OF  
TRAINING AT AN AGRICULTURAL UNIVERSITY**

*Department of Physics, T. F. Gorbachev Federal State Budgetary Educational  
Institution of Higher Education*

*Аннотация:* Рассмотрена методика проведения лабораторного практикума по физике для студентов 1 курса 1 семестра в то время, когда необходимые знания других дисциплин осваиваются параллельно.

*Ключевые слова:* лабораторный практикум, физика, непрофильные направления подготовки.

*Abstract:* The methodology of conducting a laboratory workshop in physics for 1st year students of 1 semester at a time when the necessary knowledge of other disciplines is mastered in parallel is considered.

*Keywords:* laboratory practice, physics, non-core areas of training.

Физика является одной из базовых дисциплин при обучении для ряда направлений подготовки и специальностей в Кузбасской государственной сельскохозяйственной академии, например, для инженерных. Физика преподается кафедрой педагогических технологий инженерного факультета. Для ряда других направлений подготовки, кроме экономических, она входит в перечень предметов, которые студент должен изучить, для того чтобы понять те или иные разделы последующих дисциплин.

**Цель исследования:** обобщить опыт ведения лабораторного практикума по физике в первом семестре начального курса на непрофильных направлениях подготовки.

**Материалы и методы исследования.** Одним из таких направлений подготовки является «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции» на факультете аграрных технологий. С 2017 года дисциплина физика преподаётся на 1 семестре 1-го курса, и знания основ данной дисциплины поможет студентам при изучении «Морфологии и физиологии сельскохозяйственных животных» (2 семестр), «Математического моделирования в АПК» (3 семестр), «Механизации и

автоматизации технологических процессов растениеводства и животноводства» (5 семестр), «Процессов и аппаратов пищевых производств» (5 семестр), «Оборудования перерабатывающих производств» (6 семестр). Однако студенты данного направления подготовки относятся к изучению физики с пренебрежением и здесь роль педагога как наставника и как помощника в объяснении и направлении студентов очень велика. Если преподаватель не найдет подхода к студентам-первокурсникам, то, во-первых, изучение дисциплины не даст необходимых результатов, а во-вторых, студент не получит тех знаний, которые ему понадобятся при изучении последующих дисциплин [1,2].

**Результаты и их обсуждение.** В последнее время информационные технологии развиваются стремительным образом, для естественно-научных дисциплин появилось много наглядного материала, который упрощает проведение занятий и объяснение нового материала. Обучающиеся с помощью различных гаджетов могут прослушивать и просматривать видеоуроки, изучать дополнительные источники информации самостоятельно (во внеаудиторное время) по заданной теме [3].

Были разработаны интерактивные лабораторные работы, на которых студенты могут проводить лабораторные опыты, что в свою очередь несет ряд положительных и отрицательных моментов.

Положительные: 1) не все лабораторные установки могут быть в кабинете физики, а их присутствие в таком виде помогает охватить больший объем информации; 2) не всегда студенты могут выполнять лабораторные работы в аудитории, например, если студенты с ограниченными возможностями опорно-двигательного аппарата, то они имеют возможность выполнить задание с использованием ПК и доступа в интернет; 3) если говорить о студентах заочной формы обучения, то работы позволяют им выполнить задания дистанционно дома до сессии), а такие лабораторные работы позволяют выполнить задания в любое доступное для них время.

К отрицательным моментам относится: 1) мотивация студентов. Если обучающиеся и так не понимают зачем они изучают данный предмет, то при выполнении лабораторных работ только в таком виде, мотивации к изучению данной темы или раздела, к сожалению, нет; 2) отсутствие реальных навыков практической работы.

На опыте работе с непрофильными направлениями подготовки выявлено, что студенты-первокурсники желают видеть – «живые» лабораторные установки, не достаток которых имеется в школьном курсе физики. На мой взгляд минус при такой методике проведения занятий только один, не все установки для описания той или иной темы есть в вузе, и часы, отводимые на непрофильные предметы достаточно малы. Стоит отметить, что студенты с большим интересом выполняют сами опыты, интересуются теми явлениями, которые они изучают [4]. Когда же они начинают выполнять лабораторную работу, то здесь идет контактная работа с преподавателем. Заключительный этап лабораторной работы – это формулирование выводов.

**Выводы.** После работы со студентами в нескольких не профильных группах сложилось общее мнение о том, что лабораторные работы по физике должны проводиться только в таком «живом» виде. Количество студентов-первокурсников, посещающих занятия, не уменьшается. Интерес к изучению дисциплины остается на высоком уровне ведь многие студенты, обучаясь в школе, не выполняли опыты на уроках физики их подготовка на начальном этапе была не высокой [5]. А студенты закончившие данный курс и перейдя на следующий семестр сообщают, что лабораторные работы помогли им развить интерес к обучению, а некоторых и побудить к занятию научной работой.

#### **Литература / References**

1. Дугинов, Е.В. Как улучшить подготовку специалистов для АПК / Е.В. Дугинов, Л.В. Аверичев // Сельский механизатор. 2017. – №12. С. 6-7.

2. Дугинов, Е.В. Роль вводной лекции в формировании подхода к дальнейшему изучению дисциплины. // Современные технологии в сфере сельскохозяйственного производства и образования: Сборник материалов VIII междун. научно-практич. конф. на ин. языках. 2017. – С. 18-20.

3. Головки, О.В. Использование технологии «перевернутого обучения» при изучении курса «физика» в медицинском вузе / О.В. Головки, Е.В. Салтанова // Наука сегодня: вызовы и решения: матер. Междун. научно-практ. конф., 2017 г. – с. 106-107.

4. Дадаева, Г.Н. Лабораторный практикум по физике как средство формирования общепрофессиональных компетенций обучающихся по специальности «медико-профилактическое дело» / Г.Н. Дадаева, О.В. Головки, Е.В. Салтанова // Физико-химическая биология: Материалы IV Междун. Науч. Интернет-конф. 2016. – С. 81-84.

5. Головки О.В. Сравнение применения методики работы в малых группах в сочетании с элементами "перевернутого" обучения с традиционным обучением при изучении физики в медицинском вузе. / О.В. Головки, Е.В. Салтанова / Инновации в образовании и медицине: Материалы IV Всеросс. научно-практ. конф. с междун. участием. 2017. – Т.1. – С. 87-89.

КОЛЕСНИКОВ О.М., ГОЛОВКО О.В.

**ПРОБЛЕМЫ ПРЕПОДАВАНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ  
ИНФОРМАТИКИ**

*Кафедра медицинской, биологической физики и высшей математики  
Кемеровского государственного медицинского университета, г. Кемерово*

KOLESNIKOV O.M., GOLOVKO O.V.  
**PROBLEMS OF TEACHING MEDICAL  
INFORMATICS**

*Department of medical & biological physics  
Kemerovo Medical State University, Kemerovo*

*Аннотация:* представлена к обсуждению проблема отсутствия медицинских информационных систем в распоряжении кафедры, ведущей дисциплину «Медицинская информатика».

*Ключевые слова:* информационная система, ИТ компетенции, медицина, информатика.

*Abstract:* presented for discussion the problem of the lack of medical information systems software at the disposal of the department, leading the discipline «Medical Informatics».

*Keywords:* software, IT competence, medicine, informatics.

**Цель исследования:** изучить состояние дел с обеспеченностью дисциплины «Медицинская информатика» компьютерными программными средствами в медицинском университете, проанализировать ситуацию и понять причины сложившегося положения. Сделать это необходимо для того, что бы найти возможные пути решения проблем. Речь идет о качестве подготовки будущих специалистов системы здравоохранения, которое требует особого внимания.

**Материалы и методы исследования.** В качестве основного материала исследования выступило содержание рабочей программы дисциплины «Медицинская информатика» для специальности «Лечебное дело» в части ее материально-технического обеспечения. Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом. В качестве метода научного исследования применялся системный анализ. На основе полученных результатов путем логических умозаключений были сделаны обоснованные выводы.

Последние явились продуктом синтеза объективных фактов и субъективных авторских оценок.

**Результаты и их обсуждение.** В результате проведенных исследований было обнаружено, что в шестом разделе «Материально-техническое обеспечение дисциплины» указано следующее программное обеспечение: Microsoft Windows 8.1 Professional, Microsoft Office 13 Standard, Linux лицензия GNU GPL, LibreOffice лицензия GNU LGPLv3, Антивирус Dr.Web Security Space, Kaspersky Endpoint Security Russian Edition для бизнеса.

Следует отметить, что в перечне компетенций, которые должны быть сформированы в ходе преподавания «Медицинской информатики» есть общепрофессиональная компетенция ОПК-10, означающая, что студент будет «способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности». Добиваться формирования данной компетенции предполагается, изучая возможности пакета программ MS Office, который дает общее представление об информационных технологиях как таковых. В электронных таблицах мы реализуем решение оптимизационных задач, статистическую обработку данных, строим имитационные модели. В MS Access можно показать, как устроена база данных, научить создавать информационные объекты, запросы, отчеты, формы. Но показать виртуальное рабочее место врача, фармацевта, стоматолога без соответствующего программного обеспечения невозможно.

В каких программных средах предполагается оттачивать навыки работы в автоматизированных медицинских системах или осваивать функциональные возможности инструментальных средств сбора медицинской информации? Можно привести пример экономических университетов, которые, как правило, имеют на «вооружении» учебную

версию профильных информационных систем типа 1С:Предприятие. Система состоит из модулей, рассчитанных на специалистов большого числа профилей: бухгалтеров, экономистов, кадровиков и т.д. Студенты решают в этой системе кейсы своего профиля и готовятся к реальной практической работе в будущем.

На волне всеобщей цифровизации, объявленной руководством страны, высшие учебные заведения должны получить зеленый свет в своем стремлении обеспечить качественно новый уровень ИТ- компетентности своих выпускников. В работе [1] изложена прекрасная стратегия организации и методики преподавания информационных технологий в медицинском ВУЗе. Она предполагает наличие трех модулей, приходящихся на разные курсы. Однако в текущем учебном году количество часов, отпущенных на дисциплину «Медицинская информатика», сократилось до двух зачетных единиц. Откуда взять время на формирование устойчивых навыков и умений, так необходимых медикам в цифровой век.

**Выводы.** В начале 2000-х Билл Гейтс в своей книге [2] писал, что информационная система предприятия подобна «нервной системе». Только при ее наличии возможен «бизнес со скоростью мысли». В наши дни этот тезис воплотился в тысячах универсальных и специальных программных продуктов для всех отраслей экономики, в том числе медицины [3].

Необходимо налаживать тесное сотрудничество медицинских ВУЗов с фирмами разработчиками медицинских информационных систем. Это позволит иметь в распоряжении их учебные версии с соответствующим методическим обеспечением от производителя [4]. Только в этом случае удастся гарантировать компетентность выпускников в условиях цифровизации здравоохранения. Сейчас требуется приоритетно внедрять современные информационные технологии в медицину, развивать телемедицину, внедрять искусственный интеллект для диагностики и

моделирования эпидемий. Обучать этому будущих специалистов медиков необходимо на реальных отраслевых продуктах, не теоретически.

### **Литература / References**

1. Зарубина Т.В. Стратегия преподавания медицинской информатики / Зарубина Т.В., Карась С.И., Николаиди Е.Н.// Высшее образование в России. - 2016. №3, - с. 165-168

2. Гейтс Б. Бизнес со скоростью мысли / Гейтс Б. //- М.: Изд-во ЭКСМО-Пресс, 2001. – 480 с.

3. Дабагов А.Р. Информатизация здравоохранения и некоторые проблемы построения интегрированных медицинских информационных систем / Дабагов А.Р. // Журнал радиоэлектроники, 2011. -№9

URL: <http://jre.cplire.ru/win/sep11/2/text.html> (дата обращения: 06.11.2021).

4. Омельченко В.П. Особенности преподавания медицинской информатики при подготовке медицинских профессиональных кадров / Омельченко В.П., Демидова А.А. // Современные проблемы науки и образования. - 2019. - №5 URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=29160> (дата обращения: 06.11.2021).

**САЛТАНОВА Е.В., ГОЛОВКО О.В.**

### **ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ В МЕДИЦИНСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

*Кафедра медицинской, биологической физики и высшей математики  
Кемеровского государственного медицинского университета, г. Кемерово*

**SALTANOVA E.V., GOLOVKO O.V.**

### **PECULIARITIES OF THE TEACHING OF PHYSICS IN A MEDICAL UNIVERSITY**

*Department of medical & biological physics*

*Kemerovo State Medical University, Kemerovo*

*Аннотация:* Статья посвящена проблемам методики преподавания физики в медицинском вузе. Авторы обращают внимание на приемы и методы, которые используют на практических занятиях при изучении дисциплины «Физика, математика».

*Ключевые слова:* методика преподавания физики, симуляционное обучение, ментальные карты, самостоятельная работа.

*Abstract:* The article is devoted to the problems of the methodology of teaching physics at a medical university. The authors pay attention to the techniques and methods that are used in practical classes when studying the discipline "Physics, Mathematics".

*Keywords:* methods of teaching physics, simulation training, mental maps, independent work.

В медицинском вузе цель преподавания физики – способствовать развитию физического мышления обучающихся, освоение ими современной физической картиной мира, формирование научного мировоззрения, и тем самым заложить фундамент знаний и практических навыков для изучения специальных дисциплин. В достижении поставленных целей имеют два взаимосвязанных процесса: общение обучающегося с преподавателем во время практических, лабораторных и лекционных занятий и самостоятельная работа обучающихся.

В медицинских вузах физика является непрофилирующей дисциплиной, но в то же время необходимой и важной для дальнейшей профессиональной деятельности будущих медиков. Основная проблема, с которой сталкиваются преподаватели физики, заключается в слабой школьной подготовке обучающихся по физике, и как следствие, отсутствие заинтересованности и пассивности студентов-медиков в изучении

дисциплины. Основы физики не осознаются первокурсниками как необходимая область знания, которая понадобится им при изучении в вузе таких дисциплин, как физиология человека, пропедевтика внутренних болезней и многих других клинических дисциплин, в которых рассматриваются методы диагностики и лечения заболеваний человека.

Физику в медицинских вузах изучают на первом курсе в первом семестре, что сопряжено с общими дезадаптационными процессами обучающихся. Именно в это время, наблюдается пик дезадаптации, вызванной новыми для них требованиями и формами обучения, способами общения и взаимодействия как с преподавателями, так и с сокурсниками.

Таким образом, на кафедре медицинской, биологической физики и высшей математики преподаватели активно занимаются поиском и внедрением наиболее эффективных методик преподавания и обучения, способствующих активизации познавательной деятельности студентов.

Методика преподавания физики разработана таким образом, чтобы все виды аудиторных занятий (лекции и лабораторные работы) дополняли друг друга. Преподавателями кафедры разработаны методические пособия для аудиторной самостоятельной работы обучающихся по выполнению лабораторных работ, которые содержат краткое теоретическое описание изучаемого процесса или явления, порядок выполнения работы с описанием лабораторной установки, контрольные вопросы по изучаемой теме и даны ссылки на литературу. В качестве самостоятельной работы обучающимся предлагается подготовить ответы на контрольные вопросы, ознакомиться с экспериментальной частью лабораторной работы и выполнить тестовые задания входного уровня в веб-системе Moodle.

Выполнение лабораторных работ проходит с использованием интерактивного метода обучения – работа в малых группах. Использование этого приема позволяет вовлечь в учебный процесс всех обучающихся

группы, развивает навыки критического мышления, решения проблем, общения, межличностных отношений и командной работы.

Преподаватели включают элементы симуляционного обучения при выполнении следующих лабораторных работ «Физические основы гемодинамики» и «Физические основы электрокардиографии». Выполнение лабораторных работ проводится в Центре симуляционного обучения и аккредитации с использованием тренажеров и симуляторов.

Симуляционное обучения способствует формированию практических навыков в условиях, приближенных к реальным; развитию коммуникативных навыков; понимание принципов работы в команде и формированию элементов клинического мышления.

Самостоятельная работа обучающихся по нашему мнению должна быть направлена на развитие у обучающихся действий планирования, самоорганизации и самоконтроля. Успешность их развития зависит от уровня сформированности у обучающихся таких мыслительных операций, как анализ, синтез, сравнение, обобщение, аналогия и пр. Развитие мыслительных операций у первокурсников возможно в процессе создания ментальных карт в учебном процессе. Ментальные карты позволяют систематизировать учебный материал и наглядно представить в нем логические связи, формировать визуальное мышление и зрительное восприятие, образное представление знаний и пониманию обучающимися учебного материала. Создание ментальных карт при подготовке к защите лабораторных работ и коллоквиумам экзаменам показало целостное понимание обучающимися учебного материала.

Применение методики перевернутого обучения на занятиях по физике мотивировало первокурсников не только самостоятельно получать новые знания, но и анализировать информацию в удобном для каждого обучающегося темпе. На практическом занятии вместе с преподавателем обсуждались наиболее сложные для понимания вопросы.

Использование различных методик проведения практических занятий и организации самостоятельной работы первокурсников способствовало адаптации к учебному процессу в вузе и повышению их успеваемости по дисциплине «Физика, математика».

### **Литература / References**

1. Головки О.В., Салтанова Е.В. Изучение косвенных методов измерения давления крови в курсе «Физические методы диагностики и лечения» /О.В. Головки, Е.В. Салтанова // в сб.: Физико-химическая биология. Матер. VII междунар. научн. интернет-конф. – 2019. – С. 38-141.
2. Головки О.В., Салтанова Е.В. Использование ментальных карт в процессе обучения для организации и контроля внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся /О.В. Головки, Е.В. Салтанова // в сб.: Физико-химическая биология. Матер. VI междунар. научн. интернет-конф. – 2018. – С. 151-153.
3. Головки О.В., Салтанова Е.В. Оценка студентами организации здорового образа жизни в медицинском вузе в период адаптации / О.В. Головки, Е.В. Салтанова // В сб.: Инновационные подходы к профилактике неинфекционных заболеваний и формирование здорового образа жизни. Матер. Межрегион. науч.-практич. конф. – 2017. – С. 20-22.
4. Салтанова Е.В., Головки О.В. Изучение физики в медицинском вузе с элементами симуляционного обучения / Е.В. Салтанова, О.В. Головки // в сб.: Физико-химическая биология. // в сб.: Физико-химическая биология. Матер. VI междунар. научн. интернет-конф. – 2018. – С. 170-173.
5. Салтанова Е.В., Головки О.В. Организация самостоятельной работы обучающихся в малых группах при изучении математики в медицинском вузе / Е.В. Салтанова, О.В. Головки // в сб.: Физико-

- химическая биология. Матер. IV междунар. научн. интернет-конф. – 2016. – С. 75-78.
6. Салтанова Е.В., Головки О.В. Педагогические аспекты преподавания физики в медицинских вузах / Е.В. Салтанова, О.В. Головки // в сб.: Физико-химическая биология. Матер. VII междунар. научн. интернет-конф. – 2019. – С. 111-114.
7. Салтанова Е.В., Головки О.В. Работа куратора по самоорганизации первокурсников, основанная на тайм-менеджменте / Е.В. Салтанова, О.В. Головки // в сб.: Современные проблемы воспитательного процесса в медицинском вузе. Матер. VI межрегион. научн.-практ. Конф. – 2018. – С. 87-89.
8. Семенюк Е. А. О методике преподавания физики в медицинском вузе / Е. А. Семенюк // Молодой ученый. — 2011. — № 4 (27). — Т. 2. — С. 134-136. — URL: <https://moluch.ru/archive/27/2991/> (дата обращения: 01.11.2021).
9. Старикова Е.М. Адаптивная направленность методики обучения основам физики студентов медицинского вуза: автореф. дис. канд. пед. Наук : 13.00.02 / Старикова Елена Михайловна ; Челябинский государственный педагогический университет. – Челябинск, 2009. – 23 с.

СЕРЫЙ А.И.

## **О ПРИМЕНЕНИИ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА**

### **В ПРОЦЕССЕ ПРЕПОДАВАНИЯ БИОФИЗИКИ**

*Кафедра общей и теоретической физики*

*Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина, г.*

*Брест, Республика Беларусь*

SERY A.I.

## ON THE APPLICATION OF COMPARATIVE ANALYSIS IN THE PROCESS OF TEACHING BIOPHYSICS

*Department of general and theoretical physics*

*Brest State A.S. Pushkin University, Brest, Republic of Belarus*

*Аннотация:* Выполнен сравнительный анализ этапов развития нервного импульса в виде таблицы. Для каждого этапа указано характерное значение мембранной разности потенциалов и другие характеристики.

*Ключевые слова:* Разность потенциалов, ионы калия и натрия.

*Abstract:* A comparative analysis of the stages of development of the nerve impulse in the form of a table is performed. For each stage, the characteristic value of the membrane potential difference and other characteristics are indicated.

*Keywords:* Potential difference, potassium and sodium ions.

В связи с сокращением количества аудиторных часов, предусмотренных учебной программой по естественнонаучным дисциплинам, а также снижением способности и желания студентов анализировать обычный повествовательный текст учебника, «разбавленный» формулами, представляет интерес поиск иных форм изложения материала, направленный на повышения уровня критического мышления у студентов.

**Цель исследования:** продемонстрировать достоинства табличного подхода к изложению материала на примере систематизация основных сведений об этапах развития нервного импульса. Актуальность проблемы заключается в том, что традиционный способ изложения материала в курсе электростатики или биофизики в виде обычного текста не всегда эффективен с точки зрения усвоения материала студентами, а таблицам не уделяется достаточного внимания.

**Материалы и методы исследования.** Материалом являются сведения [1, с. 206; 2, с. 86–92; 3, с. 71–75; 4, с. 58; 5, с. 330–333] об электрическом потенциале и основных характеристиках нервного импульса с точки зрения электростатики. Методом исследования является сравнительный анализ в табличной форме.

**Результаты и их обсуждение.** Основные характеристики этапов развития нервного импульса представлены в таблице.

Таблица.

Основные этапы развития нервного импульса

Этап	Мембранная разность потенциалов	Поведение ионов $K^+$ и $Na^+$	Характерное время, мс
1. Начало внешнего воздействия	меняется от $-70$ мВ (до начала воздействия) до $-50$ мВ	$K^+$ – избыток, $Na^+$ – недостаток	$< 1$
2. Открытие натриевых каналов	меняется от $-50$ мВ до $+20$ мВ	$Na^+$ – пассивный поток	$< 1$
3. Дезактивация натриевых каналов	медленно меняется от $+20$ мВ в сторону уменьшения	поток $Na^+$ компенсируется потоком $K^+$	$\sim 1$
4. Насыщение калиевых каналов	быстро падает до $-90$ мВ	$K^+$ – резкое увеличение потока	$< 1$

5. Период рефрактерности	восстанавливается от $-90$ мВ до $-70$ мВ	активация каналов $\text{Na}^+$	$\sim 1$
--------------------------	---	---------------------------------	----------

**Выводы.** Табличный подход к изложению учебного материала при оптимальном выборе перечня затрагиваемых вопросов позволяет следовать известному принципу «все познается в сравнении» более наглядно, чем это делается (если вообще делается) с помощью обычного текста (с формулами или без них).

Представленная в работе таблица может быть использована в процессе преподавания биофизики, а также темы «разность потенциалов» в курсе электричества и магнетизма (раздел «электростатика»). Составление подобных таблиц можно предложить учащимся и в качестве самостоятельных творческих заданий для развития творческого мышления.

### Литература / References

1. Физическая энциклопедия: в 5 т. / Гл. ред. А.М. Прохоров; ред. кол. Д.М. Алексеев [и др]. – М.: Советская Энциклопедия, 1988. – Т. 1. Ааронова–Бома эффект – Длинные линии. – 704 с.
2. Антонов, В. Ф. Биофизика: Учеб. для студ. высш. учеб. заведений / В. Ф. Антонов [и др.]. – М. : Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1999. – 288 с.
3. Сивухин, Д. В. Общий курс физики: учеб. пособие для вузов : в 5 т. / Д. В. Сивухин. – М. : ФИЗМАТЛИТ; Изд-во МФТИ, 2004. – Т. III : Электричество. – 656 с.
4. Кац, Ц. Б. Биофизика на уроках физики: Кн. для учителя: Из опыта работы / Ц. Б. Кац. – М. : Просвещение, 1988. – 159 с.
5. Физическая энциклопедия / Гл. ред. А.М. Прохоров; редкол. Д.М. Алексеев [и др]. // М. : Большая рос. энциклопедия, 1992. – Т. 3. Магнитноплазменный – Пойнтинга теорема. – 672 с.

СЕРЫЙ А.И.

**К ВОПРОСУ О МЕТОДИКЕ ПРЕПОДАВАНИЯ ТЕМЫ «ЭНЕРГИЯ  
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ. ВЕКТОР ПОЙНТИНГА»  
В КУРСЕ ФИЗИКИ**

*Кафедра общей и теоретической физики*

*Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина, г.*

*Брест, Республика Беларусь*

SERY A.I.

**TO THE PROBLEM OF THE METHODOLOGY OF TEACHING THE  
TOPIC «ELECTROMAGNETIC FIELD ENERGY. POYNTING  
VECTOR» IN THE COURSE OF PHYSICS**

*Department of general and theoretical physics*

*Brest State A.S. Pushkin University, Brest, Republic of Belarus*

*Аннотация:* Предложена блок-схема вывода формул для энергии электромагнитного поля и вектора Пойнтинга, сопровождаемая таблицей, которые могут быть использованы в процессе преподавания физики в вузе.

*Ключевые слова:* Энергия электромагнитного поля, вектор Пойнтинга.

*Abstract:* A block diagram of the formulae derivation for the energy of the electromagnetic field and the Poynting vector is proposed, accompanied by a table that can be used in the process of teaching physics at a university.

*Keywords:* Electromagnetic field energy, Poynting vector.

В связи с сокращением количества аудиторных часов, предусмотренных учебной программой по физике (в частности, по электродинамике) в вузе, а также снижением способности и желания студентов анализировать обычный повествовательный текст учебника,

«разбавленный» формулами, представляет интерес поиск более компактных форм изложения материала.

**Цель исследования:** разработка блок-схемы (с сопутствующей таблицей) вывода формул для энергии электромагнитного поля и вектора Пойнтинга на основе закона сохранения энергии и закона Джоуля–Ленца в дифференциальной форме. Актуальность проблемы заключается в том, что традиционный способ изложения материала в виде обычного текста не всегда эффективен, а таблицам и схемам не уделяется достаточного внимания.

**Материалы и методы исследования.** Материалом являются сведения [1, с. 178, 336; 2, с. 33, 671; 3, с. 521, 613; 4, с. 252–253] о законах Джоуля–Ленца и сохранения энергии, уравнениях Максвелла и некоторых формулах векторного анализа. Методом исследования является анализ с использованием блок-схем с подстановками и следствиями, а также сравнительный анализ в виде таблицы.

**Результаты и их обсуждение.** Блок-схема вывода упомянутых выше формул представлена на рисунке (см. ниже), где использованы обозначения:  $\vec{j}$  – плотность тока,  $\vec{E}$  – напряженность электрического поля,  $\vec{D}$  – вектор электрического смещения,  $\vec{B}$  – индукция магнитного поля,  $\vec{H}$  – напряженность магнитного поля,  $c$  – скорость света в вакууме,  $V$  – объем интегрирования,  $S$  – поверхность, ограничивающая этот объем,  $\vec{n}$  – единичный вектор нормали к элементу этой поверхности,  $Q$  – мощность выделения джоулева тепла,  $t$  – время. В качестве «отправной точки» выбран закон Джоуля–Ленца (соответствующий блок закрашен). Тонкие стрелки соответствуют подстановкам, жирные – следствиям преобразований после подстановок.

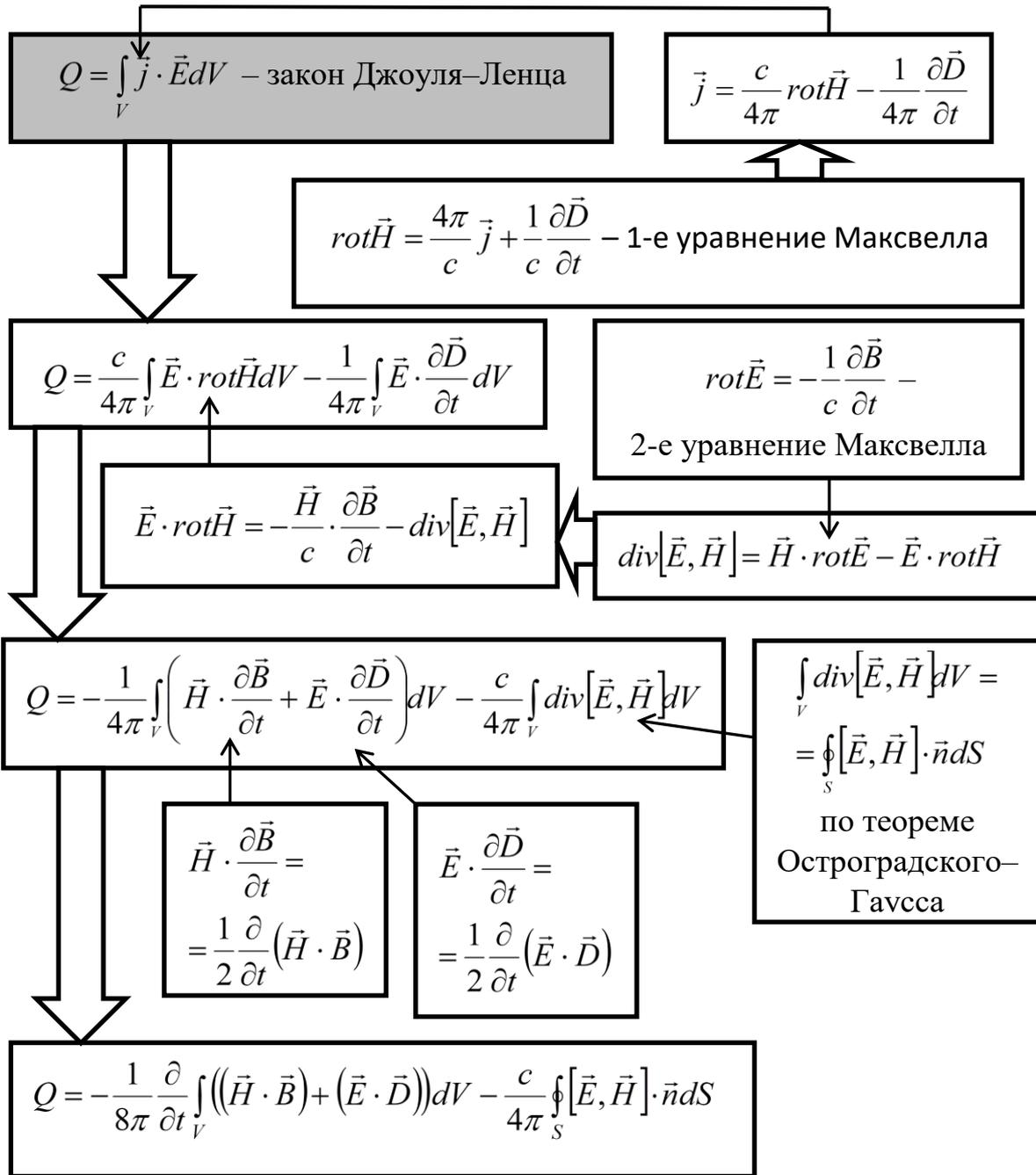


Рисунок  
Схема получения искомых соотношений

Для конечной формулы, представленной на рисунке, проанализированы 2 случая, сравнительная характеристика которых представлена в таблице (см. ниже).

Два случая анализа конечной формулы (см. рисунок)

Анализ формулы	Сначала	Затем
В объеме	полного поля	конечном
Тогда поверхностный интеграл	в правой части равен 0	в правой части не равен 0
Что позволяет ввести понятие	энергии электромагнитного поля $W = \frac{1}{8\pi} \int_v ((\vec{H} \cdot \vec{B}) + (\vec{E} \cdot \vec{D})) dV$	вектора Пойнтинга $\vec{\Pi} = \frac{c}{4\pi} [\vec{E}, \vec{H}]$

**Выводы.** При обобщении и закреплении материала, а также в случае нехватки аудиторных часов при большом объеме изучаемого материала по электродинамике можно излагать тему «Энергия электромагнитного поля. Вектор Пойнтинга» не только в традиционной форме, но и с использованием блок-схемы с таблицей. Представленные в работе схема и сопутствующая ей таблица могут быть использованы в процессе преподавания физики в вузе.

#### Литература / References

1. Сивухин, Д. В. Общий курс физики: учеб. пособие для вузов : в 5 т. / Д. В. Сивухин. – М. : ФИЗМАТЛИТ; Изд-во МФТИ, 2004. – Т. III : Электричество. – 656 с.
2. Физическая энциклопедия / Гл. ред. А.М. Прохоров; редкол. Д.М. Алексеев [и др]. // М. : Большая рос. энциклопедия, 1992. – Т. 3. Магнитноплазменный – Пойнтинга теорема. – 672 с.
3. Физическая энциклопедия: в 5 т. / Гл. ред. А.М. Прохоров; ред. кол. Д.М. Алексеев [и др]. – М.: Большая Российская Энциклопедия, 1998. – Т. 5. Стробоскопические приборы – Яркость. – 691 с.
4. Физическая энциклопедия: в 5 т. / Гл. ред. А.М. Прохоров; ред. кол. Д.М. Алексеев [и др]. – М.: Советская Энциклопедия, 1988. – Т. 1. Ааронова–Бома эффект – Длинные линии. – 704 с.

СТУКАЛОВА А.С.

**ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ  
ПРИ ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ ИНФОРМАТИКИ**

*Кафедра физики, математики и информатики  
Дальневосточный государственный медицинский университет,  
г. Хабаровск*

STUKALOVA A.S.

**ORGANIZATION OF INDEPENDENT WORK OF STUDENTS IN  
DISTANCE LEARNING OF INFORMATICS**

*Department of physics, mathematics and informatics  
Far Eastern State Medical University, Khabarovsk*

*Аннотация:* Методы и приемы бесконтактной работы педагога требуют постоянного развития. Асинхронный взаимоопрос учащихся вступает компонентой педагогического общения.

*Ключевые слова:* активные методы обучения, взаимоопрос.

*Abstract:* Methods and techniques of non-contact work of a teacher require constant development. Asynchronous interrogation of students enters into a component of pedagogical communication.

*Keywords:* active teaching methods, interrogation.

Продолжающаяся пандемия коронавирусной инфекции вызвала изменения во всех сферах жизнедеятельности человека и послужила своеобразным триггером для поиска путей совершенствования дистанционных методов обучения без потерь качества образования.

**Цель исследования:** поиск эффективных приемов образовательной работы со студентами и адаптация известных педагогике форм контроля под новые условия обучения. В среде онлайн-обучения асинхронное

взаимодействие имеет ряд преимуществ: гибкость и свобода в выборе времени обучения, следование собственному темпу в скорости обработки контента, развитие навыков самоконтроля и рефлексивных качеств. Однако механизмы консультаций и коммуникаций при асинхронном дистанционном обучении объективно охватывают только одну пару педагог/студент.

Анализируя и обобщая опыт и теории дистанционного обучения, автор [1] указывает на явление транзакционной дистанции – учащиеся в онлайн среде испытывают психологический и коммуникационный разрыв. Взаимодействие и диалог в образовательной среде необходим всем участникам процесса для анализа динамики обучения в группе, отслеживания собственных достижений, сравнения своих внутренних ответов с экспертным мнением. Построение в асинхронной онлайн-среде гибкой системы коммуникации всех участников образовательного процесса позволило бы уменьшить транзакционное расстояние обучающимся и дать ощущение тесной связи с курсом. Организованное педагогом общение включает процесс взаимодействия учащихся друг с другом, в ходе которого развиваются межличностные связи, вырабатываются взаимопонимание и взаимоотношения как атрибут групповой работы [2].

**Материалы и методы исследования.** Теоретическим методом исследования выступил анализ педагогической научной литературы с точки зрения возможности развития коммуникационных навыков и познавательной самостоятельности учащихся. Эмпирическим методом явился опыт организации взаимопроса студентов при обучении информатики на базе образовательной платформы университета. Материалом для исследования возможности организовать асинхронный взаимопрос студентов послужили тематические задания по дисциплине и матрица-организатор опроса.

**Результаты и их обсуждение.** В линейку традиционных практических задач по информатике были включены задания с рекомендацией внимательно изучить материал и составить ряд собственных вопросов. Студент фиксирует выполненную работу в поле решения данной задачи для отображения информации у педагога на личной странице в ведомости проверки задач. Одновременно с этим, опираясь на матрицу, организующую процедуру взаимопроса, студент рассылает список своих вопросов определенному числу учащихся в группе. Опрашивая друг друга и выставляя оценки по таким критериям, как полнота ответа, достоверность, грамотность, логическая непротиворечивость и т.п., учащиеся имеют возможность освоить не только учебную компетенцию, но и проявить коммуникационные навыки в последовательном изложении собственных суждений, отработать стиль изложения как вопросов, так и ответов, научиться искать, систематизировать и отвечать за полноту предоставленных данных.

Педагог в этом случае выступает в роли организующего субъекта образовательной цепочки, контролирует общее направление учебной деятельности и способность их осмысленно работать с информацией. Такой подход способен привести учащихся к овладению навыками аргументации, критического мышления и готовит к их будущей практической деятельности [3]. Предлагаемый взаимопрос в условиях асинхронного дистанционного обучения позволяет реализовать такие компоненты в совместной групповой деятельности как мотивация к обучению, положительный эмоциональный микроклимат, высокая личностная активность и творческий подход к выполнению задания.

**Выводы.** Сохранение и реализация доступной среды педагогического общения в условиях дистанционного обучения диктует необходимость трансформировать имеющиеся методы и технологии групповой самостоятельной работы. Сочетание творческих учебных заданий,

самостоятельной работы и взаимодействия учащихся реализует принципы активных методов обучения [4] и способствует достижению качественных результатов образования.

### **Литература / References**

1. Егорова, О.С., Губина, Г.Г. Теоретико-методические вопросы дистанционного обучения студентов // Ярославский педагогический вестник. 2012. №3. URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/teoretiko-metodicheskie-voprosy-dstantsionnogo-obucheniya-studentov> (дата обращения: 02.11.2021).

2. Зарукина, Е. В. Активные методы обучения: рекомендации по разработке и применению: учеб.-метод. пособие / Е. В. Зарукина, Н. А. Логинова, М. М. Новик. СПб.: СПбГИЭУ, 2010. – 59 с.

3. Грудзинская, Е.Ю., Марико, В.В. Активные методы обучения в высшей школе. – Нижний Новгород, 2007, – 182 с.

4. Бакулин, В.М. Анализ проблем перехода к дистанционным формам обучения в вузе [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. 2021. № 1.; URL:<http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=30476> (дата обращения: 04.11.2021).